



**Isabel Cristina Gomes Desenvolvimento de um Vidrado Opaco Brilhante
dos Santos Ladeira**



Isabel Cristina Gomes dos Santos Ladeira Desenvolvimento de um Vidrado Opaco Brilhante

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau mestre em Engenharia de Materiais, realizada sob orientação científica da, Prof. Doutora Margarida Almeida, Professora Associada com Agregação, do Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro da Universidade de Aveiro e da, Prof. Doutora Raquel Matias da Fonseca, Professora Auxiliar, do Departamento de Engenharia de Gestão Industrial da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Em especial, à Prof. Doutora Margarida Almeida, pelo incentivo, orientação, sabedoria e rigor, com que apoio este meu trabalho.

À Prof. Doutora Raquel Matias da Fonseca, pelo apoio e orientação.

Ao Dr. Augusto Luís Barros Lopes, pelas sugestões, apoio e dedicação.

Ao Eng.^o Armando Zeferino e à Eng.^a Elisabete Bandeira, pela sua preciosa experiência e contributo.

À minha mais fiel colaboradora, Marlene Ferreira, pela sua amizade e colaboração.

Ao Eng. Baltazar/Vitricer, pelo fornecimento de matérias-primas e fichas técnicas; bem como ao Dr. Rui Pinho e Dr. Rui Silva, pelo fornecimento de dados essenciais á realização deste trabalho.

Ao meu filho João Miguel e ao meu marido Nuno Ladeira pelo incansável apoio.

A toda a minha família e amigos que de alguma forma contribuíram na elaboração desta dissertação.

O júri

Presidente

Prof. Doutor João António Labrincha Batista,
Prof. Associado com Agregação do Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro da Universidade de Aveiro

Vogais

Prof. Doutor Henrique Manuel Morais Diz,
Professor Catedrático do Departamento de Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro

Eng.º Augusto Vaz Serra e Sousa,
Especialista, Administrador do Centro Tecnológico de Cerâmica e Vidro de Coimbra

Prof.ª Doutora Margarida Almeida,
Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro da Universidade de Aveiro

Prof.ª Doutora Raquel Matias da Fonseca,
Professora Auxiliar, do Departamento de Engenharia de Gestão Industrial da Universidade de Aveiro

palavras-chave

Vidrado cerâmico opaco; Fritas; Viabilidade económica.

resumo

Com o presente trabalho, pretendeu-se avaliar a viabilidade técnica e económica da produção dum vidrado cerâmico opaco brilhante, que permitisse substituir o actualmente utilizado na produção de revestimento por bicozedura rápida. A formulação do vidrado teve em vista não só uma melhoria significativa de qualidade mas também, a obtenção de um produto cerâmico para revestimento, economicamente vantajoso.

O estudo foi realizado em particular para o caso de revestimentos conformados por prensagem, com ciclos de bicozedura rápidos. As características de suporte e os ciclos de cozedura, quer do suporte quer do vidrado, mantiveram-se constantes.

A formulação do novo vidrado obedeceu aos seguintes requisitos:

1. Características reológicas adequadas para aplicação do vidrado por cortina;
2. Vidrado adaptado ao ciclo de bicozedura rápida com uma temperatura máxima entre 980°C e 1000°C durante 25min a 30min;
3. Coeficiente de dilatação adaptado ao suporte cerâmico;
4. Grau de brancura com $L=90$, no espaço de cores Lab;
5. Superfície com boas características em termos de textura.

Os resultados obtidos permitiram formular uma composição de vidrado tecnicamente aprovada em ensaio industrial, que substituiu o vidrado de referência na unidade de produção, com vantagens ao nível da qualidade final do produto e financeiras para a empresa.

keywords

Opaque Ceramic Glaze, Frits, Economic Viability.

abstract

The scope of the present work was to evaluate the feasibility of the production of a new opaque ceramic glaze to be used in two steps fast firing tile ceramic production. With the use of the new glaze composition an improved technical quality and an economic benefit of the final product should be achieved. The glaze should fulfill the following requirements:

1. Rheological properties of the glaze suspensions appropriate for their application on tiles surface;
2. Be suitable to be used in two steps fast firing at 980°C-1000°C during 25 - 30 min;
3. Dilatometric compatibility with the ceramic tile;
4. Colour degree L = 90 in the (Lab) space;
5. Good superficial texture.

The obtained results allowed to formulate a glaze composition industrially approved. Such composition improved the final quality of the glazed tile and the economic profits to the industry.

Dedico esta dissertação a alguém muito especial,
ao meu filho João Miguel.

ÍNDICE

CAP. 1 - OBJECTIVOS	1
CAP. 2 - INTRODUÇÃO	3
2.1 - PROCESSO DE FABRICO DE PAVIMENTOS REVESTIMENTOS	3
2.2 - VIDRADOS	8
2.3 - ANÁLISE ECONÓMICO-FINANCEIRA	16
CAP. 3 - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	19
3.1 - SELECÇÃO E PREPARAÇÃO DAS FRITAS	20
3.2 - CARACTERIZAÇÃO DAS FRITAS	22
3.3 - PREPARAÇÃO DAS MISTURAS DAS FRITAS	22
3.4 - CARACTERIZAÇÃO DAS MISTURAS DAS FRITAS	23
3.5 - ENSAIOS SEMHINDUSTRIAIS	23
3.6 - ENSAIO INDUSTRIAL	24
3.7 - CARACTERIZAÇÃO DO VIDRADO SELECCIONADO	25
3.7.1 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA	25
3.7.2 - RESÍDUO AO PENEIRO	25
3.7.3 - CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DAS SUSPENSÕES	26
3.7.4 - COMPORTAMENTO DILATOMÉTRICO	26
3.7.5 - GRAU DE BRANCURA	26
3.7.6 - TESTE DE FENDILHAMENTO	26
3.7.7 - ABSORÇÃO DE ÁGUA	27
CAP. 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 - CARACTERIZAÇÃO DAS FRITAS	29
4.2 - CARACTERIZAÇÃO DAS MISTURAS DE FRITAS	30
4.3 - ENSAIOS SEMHINDUSTRIAIS	34
4.4 - ENSAIOS INDUSTRIAIS	39
4.5 - RESULTADOS DO ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÓMICO-FINANCEIRA	41
CAP. 5 - CONCLUSÕES	45
CAP. 6 - SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTURO	47
CAP.7 - BIBLIOGRAFIA	49
ANEXOS	59

ÍNDICE FIGURAS

FIGURA 1 -	Diagrama de sólido de cor L a b	13
FIGURA 2 -	Curvas dilatométricas do suporte e do vidro	15
FIGURA 3 -	Dimensões de desempenho	17
FIGURA 4 -	Representação esquemática do procedimento experimental utilizado no presente trabalho	19
FIGURA 5 -	Curvas dilatométricas da chacota, vidro de referência e vidros M3, M9 e M11.	35

ÍNDICE TABELAS

TABELA 1 -	Características das fritas seleccionadas.	21
TABELA 2 -	Textura e valor do grau de brancura das fritas seleccionadas	29
TABELA 3 -	Misturas de fritas	31
TABELA 4 -	Resultados das análises colorimétrica e superficial das misturas de fritas	32
TABELA 5 -	Valor do resíduo ao peneiro, densidade e viscosidade das misturas seleccionadas	34
TABELA 6 -	Coeficientes de dilatação no intervalo de temperaturas 200 – 400°C, da chacota, vidro de referência e vidros M3, M9 e M11	36
TABELA 7 -	Valores do grau de brancura obtido nos ensaios semi-industriais com as misturas M3, M9 e M11 para diferentes ciclos de cozedura	37
TABELA 8 -	Composição química do vidro de referência e das misturas seleccionadas	38
TABELA 9 -	Condições de aplicação do vidro M3 testadas	39
TABELA 10 -	Valores após Escolha no ensaio industrial	40
TABELA 11 -	Valores da percentagem de absorção de água	41
TABELA 12 -	Custo dos vidros seleccionados	42
TABELA 13 -	Tabela comparativa dos custos dos vidros	43
TABELA 14 -	Informação relativa á percentagem de peças de 1ª escolha com o vidro M3	43

CAPÍTULO 1 - OBJECTIVOS

A indústria cerâmica de pavimentos e revestimentos tem como actividade principal a produção de peças constituídas por um suporte de natureza argilosa e porosidade variável, com um recobrimento de natureza vítrea – o vidrado. [1]

Os desenvolvimentos introduzidos têm-se repercutido numa maior automação do processo de fabrico e numa melhoria da qualidade dos produtos. As composições utilizadas têm sofrido uma evolução adequada a estes desenvolvimentos tecnológicos, de modo a adaptarem-se aos ciclos de cozedura rápida em bicozedura, bem como aos processos de monocozedura rápida. [2]

A selecção dos vidrados é uma etapa fundamental que condiciona o processo produtivo, impondo-se o desenvolvimento de formulações que possibilitem a obtenção dum produto com melhores características e preços competitivos. A escolha das matérias-primas utilizadas nesta formulação é condicionada pelos requisitos do vidrado, tais como grau de brancura e coeficiente de dilatação, pelas características das peças a vidrar e pelo processo produtivo, tais como a técnica de aplicação do vidrado, temperaturas e ciclos de cozedura.

Estes aspectos motivaram o desenvolvimento do presente trabalho que pretendeu avaliar a viabilidade da produção de um novo vidrado opaco brilhante, que permita substituir o utilizado (vidrado de referência) na produção de peças cerâmicas para revestimento por bicozedura rápida. A reformulação do vidrado tem em vista não só uma melhoria significativa de qualidade mas também a obtenção de um produto para revestimento economicamente vantajoso. O estudo foi desenvolvido para o caso particular de revestimentos conformados por prensagem, com ciclos de bicozedura rápidos e a formulação do novo vidrado obedeceu aos seguintes requisitos:

1. Características reológicas adequadas para aplicação do vidrado por fieira;

2. Adaptado ao ciclo de bicozedura rápida com uma temperatura máxima entre 980°C e 1000°C durante 25min a 30min, com 1ª cozedura do suporte cerâmico a cerca de 1080°C durante 35 a 45min;
3. Coeficiente de dilatação adaptado ao suporte cerâmico;
4. Grau de brancura com L=90, no espaço de cores Lab
5. Superfície com boas características em termos de textura.

A presente tese está organizada em 6 capítulos, constituindo a definição dos objectivos o primeiro deles. No capítulo 2 é apresentada uma introdução, referindo os aspectos mais relevantes para a análise dos resultados experimentais. No capítulo 3 é descrito o procedimento experimental utilizado e no capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados experimentais obtidos. Nos capítulos 5 e 6 são apresentadas as conclusões do trabalho e sugestões para trabalho futuro, respectivamente.

CAPÍTULO 2 – INTRODUÇÃO

2.1 – PROCESSO DE FABRICO DE PAVIMENTOS E REVESTIMENTOS POR BICOZEDURA

As matérias-primas usadas no fabrico de pavimentos e revestimentos cerâmicos são de dois tipos: plásticas e duras. [3] As matérias-primas plásticas são argilas plásticas e caulinos. As argilas plásticas apresentam resistências mecânicas elevadas em cru (verde e seco), retracções entre 0-2%, porosidades aparentes entre 18-22%, resistência mecânica à flexão entre 50-150 Kg/cm² e coeficientes de dilatação entre 120-170 x 10⁻⁷m/m,K, quando cozidas a 1020°C. Por sua vez, os caulinos apresentam fraca resistência mecânica em cru, porosidade aparente de 25-30%, resistência mecânica à flexão entre 30-60 Kg/cm² e coeficientes de dilatação entre 110-140x10⁻⁷m/m,K, quando cozidas a 1020°C. [4]

A função dos materiais duros (fundentes, areia e caco) varia consoante a fase de processamento. A areia é introduzida numa quantidade que se situa entre 5-10%, reforçando a quantidade de quartzo fornecida com as restantes matérias-primas. Durante a secagem e a primeira fase da cozedura, a presença de areia e de caco permite obter uma estrutura mais aberta, que facilita a saída do vapor de água na secagem e dos produtos da decomposição, durante a cozedura, bem como o acesso do oxigénio, necessário à combustão da matéria orgânica presente na pasta. Para além da função anterior, a areia reduz as retracções e as deformações na secagem e na cozedura. Uma parte significativa do quartzo inicial, presente na pasta crua, conjuntamente com a sílica e alumina, resultantes da decomposição das restantes matérias-primas, durante a cozedura, é dissolvida pela fase líquida, resultante da fusão dos minerais fundentes. O quartzo remanescente condiciona o coeficiente de dilatação do suporte cozido, determinante para o acordo pasta-vidrado e para o controle das deformações, durante o arrefecimento.

Os fundentes usados na formulação das pastas para produção dos pavimentos vitrificados têm a função de gerar uma fase líquida durante a cozedura. Os feldspatos sódico e potássico, a calcite e a dolomite são os fundentes mais usados, utilizando-se também areias felspáticas, granitos ricos em feldspato, e sienito nefelínico. [5]

Na formulação das pastas, as matérias-primas são doseadas por pesagem e as operações efectuadas em seguida têm como objectivo a realização de transformações que permitem obter um sistema homogéneo, suficientemente reactivo e na forma física mais adequada à conformação por prensagem. Tais transformações envolvem operações de diluição, moagem, mistura, peneiração, separação magnética e secagem por atomização. Os materiais duros sofrem moagem, em moinhos de bolas em meio aquoso, enquanto que os materiais plásticos são diluídos na presença de desfloculantes. O grau de moagem é avaliado pelo resíduo ao peneiro de 63 μm (devendo situar-se entre 1-5%). Quanto menor for o resíduo, maior é a reactividade dos materiais, o que se traduz numa maior facilidade de formação de fase líquida na cozedura, originando produtos com menor porosidade, para valores idênticos de densidade do prensado e de temperaturas de cozedura. [6]

A barbotina final resultante da mistura das suspensões dos materiais duros moídos e da dos argilosos, é peneirada (150-250 μm), desferrizada e enviada para os tanques de armazenamento, onde permanece em agitação lenta permanente. A partir destes tanques, a suspensão é utilizada para alimentar o atomizador, de forma a obter um granulado com humidade, distribuição granulométrica, densidade aparente e aptidão ao escoamento adequadas à conformação por prensagem. O processo de atomização consiste basicamente numa operação de secagem, em que a suspensão é pulverizada por bicos de pressão. O “spray” gerado fica em contacto com ar quente (500-600°C), no interior de uma câmara isolada termicamente. As elevadas velocidades de secagem geradas permitem a obtenção de um granulado com uma humidade média de cerca 5-7% que é, de seguida, peneirado (800-1000 μm) e enviado para os silos de armazenamento, onde permanece em repouso, antes de ser utilizado na prensagem. [7]

A conformação é realizada por prensagem do granulado atomizado, usando-se para o efeito prensas hidráulicas, que permitem obter produtos com formas planas. O ciclo de prensagem envolve várias etapas, nomeadamente: numa primeira fase de prensagem o enchimento da matriz, em que é exercida uma pressão baixa para expulsar o ar contido entre as partículas do pó, enquanto, que na segunda se utiliza a pressão máxima de prensagem. Após a extracção, o material prensado pode sofrer alguma recuperação elástica, traduzida numa ligeira expansão, cujo valor depende das características do granulado e das matérias-primas. A pressão específica de prensagem é da ordem de 250 – 300Kgf/cm².

Após a etapa de conformação as peças são cozidas, com o objectivo de adquirirem resistência mecânica suficiente que permita a sua manipulação, e uma porosidade adequada à aplicação do vidrado. De forma a garantir uma boa compatibilidade entre o suporte cerâmico e o vidrado, a etapa de vidragem é antecedida pela aplicação de uma camada com composição intermédia, denominada engobe. Além de fornecer uma melhor aderência do vidrado ao suporte, o engobe tem a função de cobrir pequenos defeitos de cor ou textura da superfície do suporte, fornecendo um fundo mais homogéneo para a aplicação do vidrado. [8]

A vidragem consiste na aplicação sobre o suporte cerâmico de um pó geralmente muito fino, cuja composição se escolhe de modo a que se transforme em vidro às temperaturas desejadas. [9] Tal pó é geralmente suspenso em água, com ajuda de 5 a 7% de caulino (como agente suspensor) e de desfloculantes (para ajuste da viscosidade). A suspensão resultante é aplicada sobre as peças, cuja porosidade permite a absorção da água da suspensão, ficando cobertas pelo vidrado em pó. Entre as técnicas utilizadas na vidragem encontram-se as de cortina (fieira e câmpanula), goteamento, rolo e spray. [10]

As condições reológicas da suspensão do vidrado condicionam a obtenção da qualidade final da camada de vidrado aplicado. Os parâmetros reológicos mais importantes e utilizados normalmente no controlo e aplicação dos vidrados são a densidade e viscosidade. A viscosidade é uma propriedade importante dos vidrados, pois determina a uniformidade da camada depositada

e a ocorrência ou ausência de vários defeitos, tais como: ondulações na superfície do vidrado e risco de fieira. [11]

Uma das formas mais comuns de aplicação de vidrados na indústria de pavimento/revestimento é utilizando a fieira. [12] Este equipamento é constituído por um reservatório abastecido por um tubo de alimentação ligado a um peneiro. O vidrado escorre junto à parede do reservatório (para que seja favorecida a eliminação das bolhas de ar) até uma abertura por onde vai cair sobre as peças. Esta abertura é definida por duas barras de material resistente à abrasão (aço inox) e cuja separação é regulável. O vidrado é descarregado no depósito formando uma coluna e cai sobre a peça na forma de cortina. A uniformidade da camada depositada é fortemente dependente da homogeneidade da cortina.

A queda do vidrado deve-se à força de gravidade e ao peso da coluna de vidrado no reservatório. Para as condições se manterem constantes, a altura de suspensão no reservatório e a altura de queda sobre a peça devem ser estáveis e ajustadas ao tipo de peças a vidrar. A quantidade de vidrado aplicado depende da raiz quadrada da altura da coluna de suspensão e da distância entre barras. [13] Desta forma, quando se pretendem obter grandes variações no peso de vidrado aplicado, deve ser ajustada a abertura da fieira. Outra alternativa, a mais usada, consiste na alteração da velocidade das peças a vidrar, embora esta solução nem sempre seja possível. Quando se pretende colocar uma fieira a trabalhar na linha de vidragem, em primeiro lugar regula-se a viscosidade e a densidade da suspensão e alimenta-se a fieira através de um peneiro com abertura de malha aproximadamente igual a metade da distância entre barras. A seguir deixa-se que o depósito encha até um certo nível e regula-se o caudal de tal forma que a descarga sobre as peças seja regular, isto é, a cortina seja uniforme. Após esta etapa de vidragem determina-se o peso e a homogeneidade de vidrado aplicado.

Os defeitos mais comuns devido às más condições de aplicação do vidrado são: risco de fieira; covas e poros. [14] O primeiro tipo de defeitos relaciona-se com irregularidades na camada de vidrado aplicado e pode ser devido à

obstrução ou deformação da fieira ou devido a um incorrecto ajuste do comportamento reológico da suspensão.

Poderão surgir riscos transversais ou ondulações, que são consequência de vibrações mecânicas da fieira.

As bolhas de ar constituem outro problema devendo ser eliminadas antes da formação da cortina através de desgaseificação da suspensão de vidro.

O processo de cozedura do vidro faz-se geralmente em fornos contínuos, em que o material é transportado sobre rolos dotados de movimento de rotação, estando a fonte de calor situada aproximadamente a meio do forno. As peças, com alguma humidade residual, vão penetrando no forno, cuja temperatura aumenta até atingir o valor máximo na zona de queima. A temperatura e o tempo de cozedura seleccionados dependem da composição do vidro. Outros factores a ter em conta são as velocidades de aquecimento e de arrefecimento, de modo a evitar tensões exageradas resultantes das diferenças de comportamento dilatométrico do vidro e do suporte. A cor e o aspecto superficial do vidro são influenciados pelo grau de pureza das matérias-primas e pela atmosfera do forno. Durante a cozedura, a facilidade de libertação das bolhas de gás formadas é fortemente condicionada pela viscosidade do fundido que, por sua vez, depende da composição do vidro, temperatura e tempo de cozedura. [11]

Após a cozedura do vidro, a peça pode ser decorada. A aplicação da decoração pode fazer-se industrialmente de diversos modos. Na indústria do revestimento/pavimento, um dos processos mais comuns é a serigrafia, que consiste na impressão dos motivos decorativos com o auxílio de uma rede, de malha mais ou menos apertada, designado por tela ou écran, bem esticada num caixilho de metal de modo que os orifícios da rede que não correspondem ao desenho sejam tapados. Para reproduzir os motivos pretendidos na rede utilizam-se meios fotográficos. A decoração a aplicar pode ser monocromática ou policromática, utilizando-se neste caso tantas telas quantas as cores desejadas. Quer se utilize em produção automática, quer em manual, provoca-se sempre a passagem das tintas cerâmicas, suspensas num líquido orgânico, dito veículo serigráfico, através dos orifícios não tapados do ecrã, sendo o

processo de mais fácil utilização em superfícies planas do que curvas, o que justifica a sua utilização em larga escala na produção de produtos para pavimentos/revestimentos. A aplicação automática da serigrafia exige resistência mecânica das peças, sendo mais fácil a aplicação sobre chacota (vidrada ou não) do que sobre peças cruas.

Algumas peças, para efeitos especiais, são decoradas depois da segunda cozedura, e por isso, sofrem uma terceira cozedura a mais baixa temperatura. Após o processo de cozedura, segue-se a escolha e embalagem, com posterior armazenamento e expedição.

2.2 - VIDRADOS

O vidrado pode ser definido como uma camada contínua de vidro que é aplicada sobre o suporte cerâmico e que tem como função fornecer uma superfície impermeável com a finalidade de facilitar a limpeza, proteger e decorar o produto final, melhorando as suas características estéticas e de resistência ao desgaste mecânico e à acção de produtos químicos. [15]

Relativamente à classificação dos vidrados não existem critérios muito rígidos. Cada critério definirá um tipo de classificação diferente e que poderá ser útil ou não em função das necessidades. Haverá situações em que é útil escolher, por exemplo, aspectos de um determinado comportamento, composição química ou características do processo produtivo. Algumas das possíveis classificações poderão ser baseadas nos seguintes critérios: fusibilidade, aplicação posterior e efeito sobre o produto acabado.

i) Fusibilidade

Neste caso os vidrados podem ser divididos em dois grandes grupos: vidrados fusíveis e vidrados duros ou refractários. Esta classificação é feita considerando a temperatura de cozedura do vidrado. Este critério pode ser melhorado estabelecendo diferentes grupos de vidrados conforme a escala de temperaturas. Por exemplo, no caso de vidrados para pavimento/revestimento:

- Vidrados que cozem a temperaturas inferiores a 900°C - vidrados fusíveis;
- Vidrados que cozem entre 900 e 1050°C - vidrados duros ou refractários.

Embora este critério seja usado amplamente, não definem rigorosamente uma classificação de vidrados, pois fornecem somente informações relacionadas com temperaturas de cozedura. Considerando este critério, muitos vidrados classificados num mesmo grupo apresentam propriedades diferentes.

ii) Aplicação

Segundo este critério, os vidrados podem ser classificados em vidrados para louça, vidrados para grés, vidrados para porcelana, etc. Esta classificação pode ser ampliada considerando o processo de fabrico, como por exemplo, a cozedura:

- Vidrados para bicozedura tradicional;
- Vidrados para bicozedura rápida;
- Vidrados para monocozedura.[16]

iii) Efeito sobre o produto acabado

Este tipo de classificação baseia-se nas características ópticas da superfície vidrada, podendo-se estabelecer a seguinte classificação: [16]

- Vidrados brilhantes;
- Vidrados mates;
- Vidrados semi-mates;
- Vidrados acetinados;
- Vidrados transparentes;
- Vidrados opacos;
- Vidrados corados.

De referir que um vidro pode ser ao mesmo tempo opaco e corado ou transparente e brilhante e corado. Neste tipo de classificação podem ocorrer algumas confusões, pois um vidro mate pode ser completamente diferente tanto na sua composição como nas propriedades e estar no mesmo grupo de classificação. [16]

Em termos estruturais, o vidro é um material inorgânico amorfo (que poderá ou não conter partículas cristalinas) resultante do arrefecimento rápido de um fundido de óxidos. As unidades básicas da estrutura resultante são poliedros de elementos formadores e átomos de oxigénio ligados entre si de forma a definir um reticulado tridimensional sem periodicidade a longa distância [17]. Este reticulado acomoda, geralmente, elementos modificadores nos locais intersticiais e elementos intermédios que substituem parcialmente os formadores de reticulado [18].

No caso dos vidros utilizados na indústria cerâmica, a unidade formadora da rede principal é o tetraedro de silício (SiO_4) e os elementos modificadores podem incluir cátions alcalinos e alcalino-terrosos, chumbo, zinco, etc. A adição destes elementos, provoca a ruptura parcial das ligações Si-O e debilita a coesão da rede. Quanto maior for a quantidade de elementos modificadores adicionada, menor será a estabilidade do reticulado verificando-se, consequentemente, uma diminuição da temperatura de fusão e da resistência mecânica e um aumento do coeficiente de dilatação térmica e da tendência para a ocorrência da desvitrificação do vidro. [19] Estes efeitos podem ser contrariados através da adição de alumínio (principal elemento intermédio utilizado na formulação dos vidros) que, ao substituir parcialmente os átomos de silício na rede, conduz a uma diminuição do número de oxigénios não ligantes e a um aumento da coesão do reticulado. [20]

A produção de vidros para a indústria cerâmica envolve a preparação de uma suspensão aquosa de matérias-primas fornecedoras dos elementos constituintes sob a forma de óxidos, carbonatos, nitratos, sulfatos, etc. (vidro cru) ou sob a forma de fritas (vidro fritado). No último caso, a mistura das matérias-primas é previamente fundida e arrefecida rapidamente de forma a formar um vidro que, de seguida, é moído. [21], [22] Esta etapa intermédia de

fritagem apresenta diversas vantagens como, por exemplo, permitir a utilização de compostos solúveis, reduzir a toxicidade de certos constituintes (como por exemplo o chumbo) e garantir uma melhor homogeneidade composicional da mistura. [23] Adicionalmente, a utilização de fritas reduz consideravelmente os problemas associados à libertação de gases durante a cozedura do vidrado e permite uma diminuição da temperatura e do tempo de cozedura. [24]

As fritas podem ser transparentes, opacas, coloridas, etc. e constituem uma base para a formulação de vidrados cujas propriedades reológicas e comportamento durante a cozedura podem ser ajustados através da combinação com outras fritas e/ou aditivos. [25] Os principais constituintes do vidrado resultante destas formulações são, geralmente, os seguintes:

- Formadores de rede – SiO_2 , B_2O_3
- Fundentes – Na_2O , K_2O , PbO , B_2O_3 , Li_2O
- Estabilizantes – CaO , BaO , MgO , Al_2O_3 , ZnO
- Opacificantes – ZrO_2 , SnO_2 , TiO_2
- Corantes – óxidos de metais de transição

No caso dos compostos opacificantes, os mecanismos de actuação envolvem a formação de fases imiscíveis ou de pequenos cristais que dispersam a luz. Com efeito, os revestimentos opacos de maior brancura incorporam normalmente na sua composição ZrO_2 . [26], [27], [28] Neste caso, a opacificação é o resultado da dispersão da luz por micro-cristais (geralmente de ZnSiO_4) com índice de refração significativamente mais elevado do que a matriz vítrea. [29]

Os vidrados opacos cerâmicos podem também obter-se usando fritas baseadas no sistema: $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-CaO-K}_2\text{O-TiO}_2$. Neste tipo de vidrados a opacificação e brancura deve-se à presença de cristais de TiO_2 , formados por desvitrificação durante a cozedura. Este tipo de fritas é considerado alternativa às fritas que contêm zircónio e que mais correntemente são utilizadas na produção do mesmo tipo de vidrados opacos. [30], [31], [32]

Entre o conjunto de factores que condicionam a selecção de um vidrado, distinguem-se os seguintes [33]:

- A mistura deverá formar, for fusão, uma película homogénea de vidro após um determinado tempo e temperatura de cozedura.
- A composição do vidrado deve proporcionar a obtenção de propriedades ópticas, de textura superficial, dureza, resistência ao ataque químico, etc. desejadas.
- A camada de vidrado deverá apresentar uma boa aderência ao suporte cerâmico.
- Os coeficientes de dilatação do suporte e do vidrado devem ser compatíveis de modo a evitar defeitos devido a tensões excessivas.

A aparência dos vidrados depende da reflexão, transmissão e modificações das propriedades da luz incidente na sua superfície. Entre as características mais importantes salientam-se o brilho, a cor e a opacidade [34].

O brilho, propriedade de uma superfície reflectir directamente a luz, depende da rugosidade superficial e da reflectância. Quanto maior for o brilho, mais fácil será a identificação de defeitos superficiais. O chumbo e o bário são dois dos elementos que mais contribuem para o desenvolvimento desta propriedade. Com efeito, a acção fundente destes elementos proporciona uma diminuição da viscosidade e da tensão superficial do vidrado durante a cozedura e proporciona um aumento do índice de refração. [35]

A textura de uma superfície pode ser definida como sendo o seu aspecto superficial, que poderá ser liso ou rugoso. Uma má textura superficial refere-se ao excesso de rugosidade da superfície de um vidrado (“casca de laranja” ou “martelado”). [36] Estas irregularidades podem surgir em decorrência de uma ou mais causas como, por exemplo, más condições reológicas de aplicação e condições de cozedura insuficientes. Uma boa textura superficial pode definir-se como uma superfície lisa, onde qualquer objecto poderá ser flectido sem irregularidades.

A cor é outra propriedade importante da peça vidrada. A sua medição é geralmente efectuada através da análise da reflectância espectral das amostras, utilizando um colorímetro e representando os valores num espaço

colorimétrico como, por exemplo, no sistema (L, a, b) representado esquematicamente na figura 1.

Neste sistema, a escala dos cinzentos é definida no eixo vertical que tem início no preto ($L=0$) e termina no branco ($L=100$). Entre estes dois pontos o espaço encontra-se dividido em cem partes iguais, cada uma correspondendo a um valor de cinzento discernível pelo olho humano. O intervalo de cor, desde o cinzento até à cor pura é representado no plano horizontal. O eixo **a** representa a variação entre o verde (valores negativos) e o vermelho (valores positivos). O eixo **b** representa a variação entre o azul (valores negativos) e o amarelo (valores positivos).

Comparativamente a outros sistemas de quantificação da cor, o sistema (L, a, b) tem como vantagem principal o facto de a iguais diferenças percebidas na tonalidade, corresponderem iguais distâncias nas suas coordenadas cartesianas.

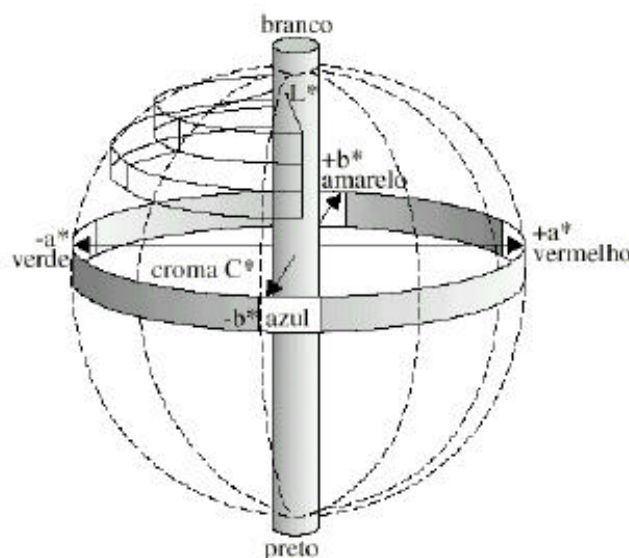


Figura 1 – Diagrama de sólido de cor em L a b [37]

Um factor que condiciona a adesão do vidrado ao suporte é o comportamento dilatométrico do suporte e do vidrado, caracterizado pelas respectivas curvas dilatométricas. Estas curvas permitem detectar zonas de contracção ou dilatação bruscas, as quais são potencialmente perigosas para a integridade das peças durante a cozedura. Nestes intervalos de temperatura, o aquecimento e arrefecimento das peças deverão ser lentos para a uniformizar

a temperatura em toda a sua massa, reduzindo as tensões de compatibilização resultantes das diferenças de comportamento dilatométrico. Pelo contrário, e para conseguir minimizar o tempo de cozedura, nos intervalos de temperatura nos quais não se verifiquem variações dimensionais significativas, a velocidade de aquecimento e de arrefecimento podem ser incrementadas, aumentando a produção. Todavia, outros factores têm de ser considerados no traçado de uma curva temperatura-tempo de cozedura: o coeficiente de condutividade térmica, o módulo de Young, ou de elasticidade e o módulo de ruptura. [38] [39]

A curva dilatométrica é construída representando a variação percentual de comprimento (Δl) relativamente ao comprimento inicial (l_0) em função da temperatura, ou seja, $\Delta l / l_0 = f(T)$. A partir do gráfico resultante pode determinar-se o coeficiente de expansão térmica linear entre duas temperaturas (T_1 e T_2):

$$\alpha = \Delta l / l_0 (T_2 - T_1)$$

Na figura 2 esquematiza-se o comportamento dilatométrico de um vidro. [40] Podem verificar-se duas zonas de inflexão bem nítidas: a primeira, geralmente situada entre os 500 – 600°C corresponde a uma variação rápida no respectivo coeficiente de dilatação térmica. A determinação da temperatura média a que tal variação ocorre, faz-se prolongando o primeiro segmento da curva (que reflecte o comportamento dilatométrico do vidro enquanto corpo rígido), e procurando a sua intersecção com o prolongamento do segundo segmento (que corresponde à dilatação do vidro depois de perder a rigidez original). A temperatura correspondente ao ponto de intersecção referido, denomina-se temperatura de transformação do vidro, T_g .

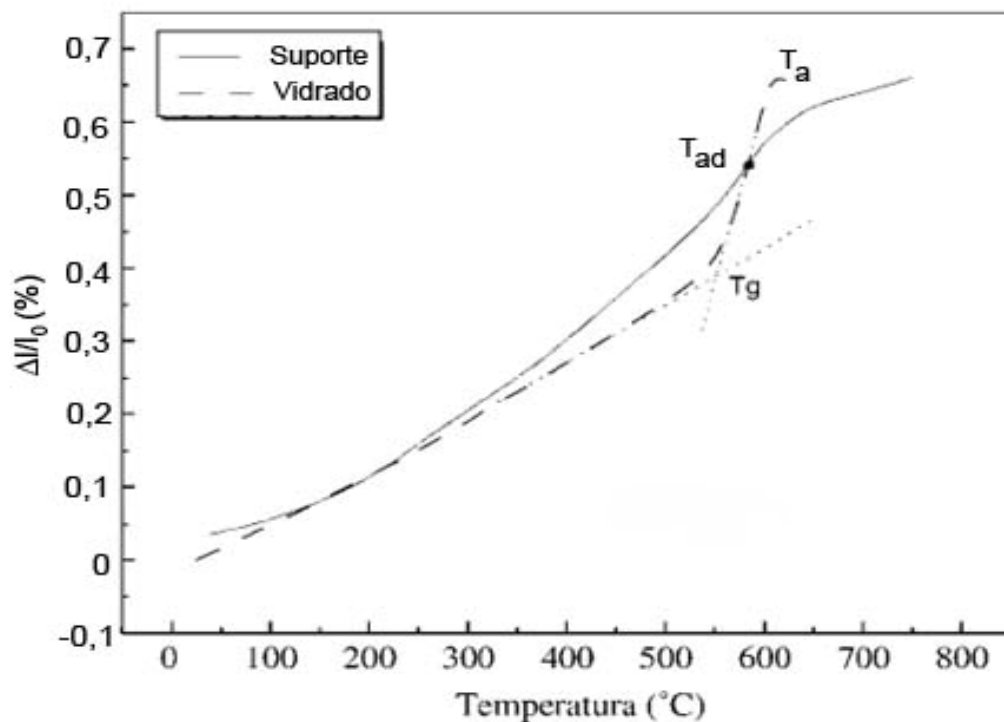


Figura 2 – Curvas dilatométricas do suporte e do vidro. [40]

A segunda zona de inflexão corresponde ao início da contração provocada na amostra, já transformada num líquido viscoso, pela vareta do dilatômetro. A temperatura correspondente à dilatação máxima denomina-se ponto de amolecimento dilatométrico, T_a . Este ponto é muito importante, pois durante o arrefecimento até ao ponto de aderência (T_{ad} – situado aproximadamente a metade da distância entre T_a e T_g) o vidro está suficientemente fluído para acompanhar a contração do suporte, sem que nele se desenvolvam tensões. Todavia, a temperaturas inferiores à de aderência, o vidro torna-se suficientemente rígido e a contração do suporte, com o qual passa a estar fisicamente solidário, provoca o aparecimento de tensões.

Assim, quando o coeficiente de dilatação do suporte for maior do que o do vidro, no suporte desenvolver-se-ão tensões de tracção e no vidro tensões de compressão em resultado do arrefecimento conjunto de ambos desde a temperatura de aderência até à temperatura ambiente.

Este jogo de forças, originado nas diferenças da dilatação do vidro e do suporte pode ser previsto a partir da comparação das curvas dilatométricas respectivas. Para tal, sobrepõe-se a curva de dilatação do vidro à do suporte

de modo que sejam coincidentes no ponto de aderência do vidrado e nos eixos das ordenadas.

Depois de cozido, o cerâmico, por ser poroso, absorve humidade e dilata. Dado que este efeito não se faz sentir no vidrado, a expansão tardia do suporte provoca tensões de tracção no vidrado que podem conduzir ao seu fendilhamento em serviço. É por isso conveniente que o coeficiente de dilatação linear do vidrado seja menor que o do suporte para evitar este efeito. [40]

2.3 - ANÁLISE ECONÓMICO-FINANCEIRA

A situação económico-financeira de uma empresa é, segundo Neves [41], um efeito (uma espécie de *output*) da estratégia por ela desenvolvida, da vantagem competitiva em que a mesma se baseia e da percepção que essa clientela tem dessa vantagem. Infelizmente, a grande maioria das análises financeiras são normalmente consagradas, em exclusivo, aos aspectos financeiros. [42] Tal facto leva à produção de estudos que não podem cumprir os seus objectivos, uma vez que, mais do que o simples exame da situação actual, uma análise financeira visa a detecção de uma tendência, ou melhor, o delinear das perspectivas futuras.

Assim, a posição competitiva deve ser o ponto de partida da análise. [43] Isto implica que se conheça bem o posicionamento e as vantagens competitivas dos produtos da empresa. Produtos, preços, qualidade percebida pelo cliente, estrutura de custos, capacidade de I & D, são factores que se reflectem na quota de mercado e no *desempenho financeiro* da empresa.

A posição competitiva é a fonte de rendibilidade e de criação de excedentes. A rendibilidade e os fluxos gerados internamente são a base do valor de mercado da empresa. A rendibilidade do investimento (figura 3) é assim um indicador de desempenho dos capitais investidos na empresa. [44] Este instrumento de medida do desempenho é usado como:

- Indicador da eficiência da gestão;

- Medida da capacidade de gerar resultados;
- Planeamento e controlo de gestão.

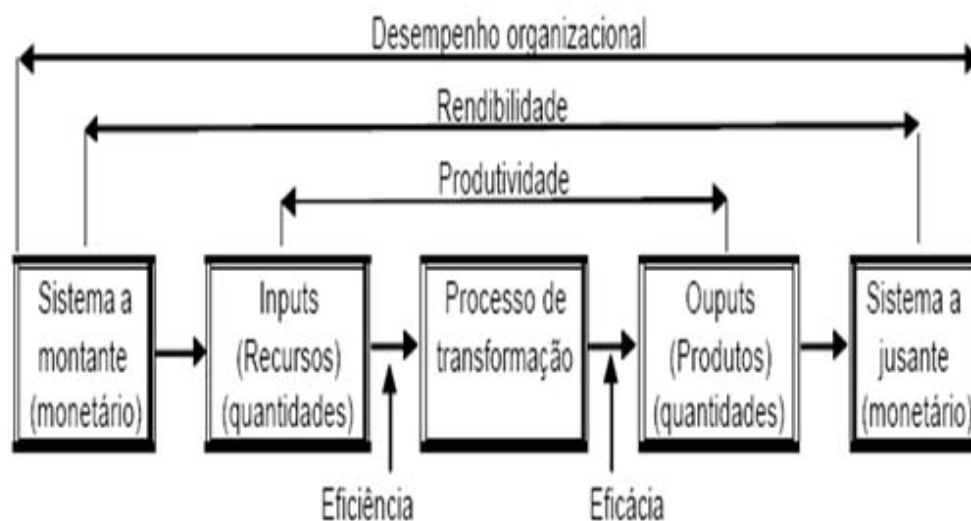


Figura 3 – Dimensões de desempenho

Os rácios são indicadores utilizados pelos analistas internos e externos à empresa, com o objectivo de avaliar o andamento do negócio explorado pela firma, bem como a qualidade com que a mesma está a ser gerida. Pode construir-se uma infinidade de rácios, mas, a partir de certa altura, novos rácios não acrescentam novas informações, visto que combinam entre si rubricas contabilísticas já mobilizadas para outros indicadores. Interessa assim ligar o resultado final – a rendibilidade dos capitais próprios - com alguns outros indicadores de gestão, de forma a tentar compreender onde se localizam as fontes do sucesso ou insucesso da empresa em estudo.

A análise Dupont é uma técnica que procura analisar a evolução dessa rendibilidade, através da decomposição da rendibilidade dos capitais próprios em vários factores explicativos.

É esta a ideia base da análise Dupont¹, que desagrega a Rendibilidade do Capital Próprio em 3 componentes simples, mas essenciais:

¹ O modelo Dupont foi desenvolvido pelo engenheiro Donaldon Brown, na empresa química com o mesmo nome. Foi posteriormente aplicado em numerosas empresas, como por exemplo a General Motors.

1. Rendibilidade de vendas $\frac{RL}{V}$

2. Rotação de activos $\frac{V}{A}$

3. Estrutura financeira $\frac{A}{CP}$

$$\frac{RL}{CP} = \frac{RL}{V} \times \frac{V}{A} \times \frac{A}{CP}$$

Os capitais investidos na empresa serão tanto melhor remunerados quanto maior a margem libertada pelas vendas, ou seja, interessa que a rendibilidade de vendas seja interessante, o que pode conseguir-se por via de uma diminuição de custos ou por via de um aumento de proveitos, através da colocação, no mercado, de produtos com características superiores à da concorrência.

Por outro lado, quanto maior o valor de vendas para um dado nível de activos, mais lucros se conseguem obter para os investidores, ou seja, a rendibilidade dos capitais próprios também deve crescer com a rotação dos activos mobilizados para as operações da empresa. Como o financiamento desse Activo é feito em parte por Capitais Próprios e em parte por dívidas contraídas, quanto menor a participação dos fundos dos sócios naquele financiamento, maior é a rendibilidade que daí retiram. [45]

CAPITULO 3 – PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O trabalho experimental realizado desenvolveu-se segundo as seguintes etapas:

- i) Selecção e caracterização das fritas e das misturas;
- ii) Formulações dos vidrados;
- iii) Ensaio semi-industriais;
- iv) Ensaio industrial.

Na figura 4 esquematiza-se o desenvolvimento do trabalho

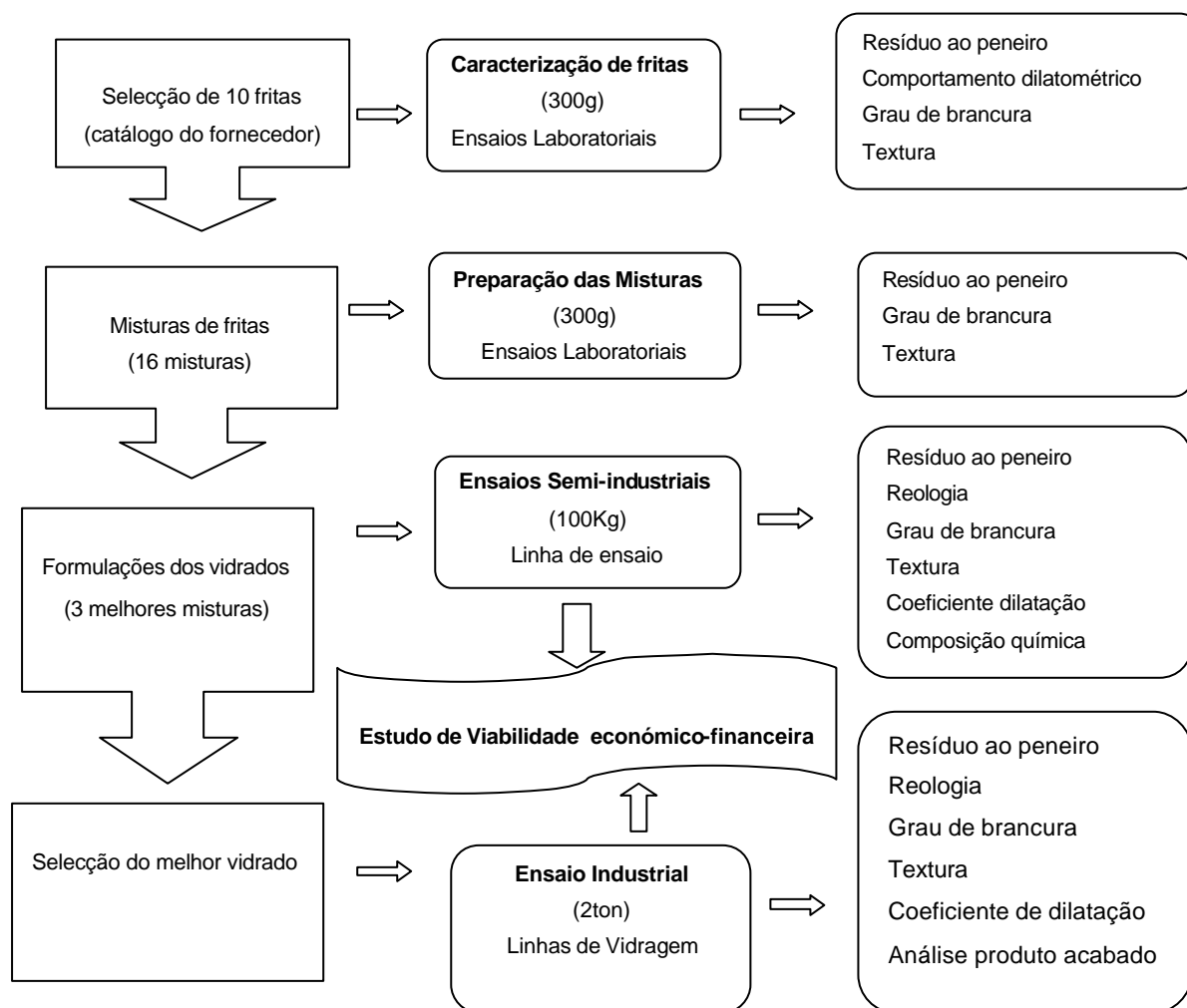


Figura 4 – Representação esquemática do procedimento experimental utilizado no presente trabalho.

Com base na composição do vidro de referência, seleccionaram-se, a partir do catálogo do fornecedor, 5 fritas opacas e 5 transparentes, as quais foram caracterizadas quanto ao seu comportamento dilatométrico, resíduo ao peneiro, grau de brancura e textura. A partir dos valores obtidos, seleccionaram-se 4 fritas transparentes e 2 opacas que foram utilizadas para preparar misturas. Estas foram caracterizadas, tendo sido determinados os valores do resíduo ao peneiro, grau de brancura e textura. Com base nos resultados obtidos para estes parâmetros escolheram-se três misturas para a formulação do vidro a usar no ensaio semi-industrial. Determinou-se a composição química destas três misturas e o seu comportamento dilatométrico. Caracterizou-se o comportamento reológico das suspensões dos vidros obtidos a partir dessas misturas e, após aplicação sobre peças chocotadas e posterior cozedura com 3 ciclos diferentes, avaliou-se o grau de brancura e textura da superfície das peças obtidas. A partir destes resultados seleccionou-se o vidro com as melhores características, o qual foi utilizado no ensaio industrial, para vidrar peças chocotadas de dois tamanhos. Avaliou-se o grau de brancura e a textura da superfície e percentagem de absorção de água destas peças e, após escolha automática, efectuaram-se testes de fendilhamento nas peças de 1ª escolha. Foram também realizados estudos de viabilidade económica – financeira para os vidros testados à escala semi-industrial.

Nas secções que se seguem apresenta-se de forma detalhada o procedimento experimental utilizado em cada uma das etapas.

3.1 - SELECÇÃO E PREPARAÇÃO DAS FRITAS

As matérias-primas utilizadas neste trabalho foram 10 fritas com um grau de pureza elevado, seleccionadas com base na composição do vidro de referência. A partir do catálogo do fornecedor seleccionaram-se as fritas, cujas características principais são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Características das fritas seleccionadas [46]

Ref ^a	Coef. Dil.	Tw	Tipo	Composição Química (%)						
Frita	$\times 10^{-7}$	(°C)	Frita	SiO ₂	B ₂ O ₃	RO	R ₂ O	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO
FO 35	62	683	Opaca	..	!	!	!	!	!	
FO 57	68	691	Opaca	..	!	!	!	!	?	
FO 73	73	727	Opaca	..	!	?	!	?	!	
FO 192	70	715	Opaca	..	!	?	!	!	..	!
FO 256	70	731	Opaca	..	!	?	!	!	!	
FT 37	73	714	Transparente	..	!	?	!	!		
FT 39	67	716	Transparente	..	!	?	!	!		!
FT 64	68	801	Transparente	..	!	?	!	!		
FT 230	65	763	Transparente	..	!	?	!	!		
FT 243	67	739	Transparente	..	!	?	!	!		

Legenda:

RO = CaO; MgO

R₂O = Na₂O; K₂O

! <10%

? 10% - 20%

? 20% - 40%

.. > 40%

Para cada uma das fritas estudadas prepararam-se suspensões aquosas através da adição de 300 g de frita, 18 g de caulino (6%) como agente suspensor e 90 ml de água. As suspensões, após moagem durante 16 minutos em moinho rápido de bolas foram peneiradas utilizando um peneiro de 120 mesh. As suspensões peneiradas foram aplicadas sobre peças de chacota 15x15cm, previamente cozidas em forno de rolos industrial a uma temperatura máxima de 1080°C, durante 45 minutos e aplicado engobe (266.7 g / m², ou seja, 6g por peça). A aplicação das suspensões das fritas sobre as peças chacotadas foi feita manualmente utilizando uma “cacharreta”. As peças

vidradas foram cozidas em forno de rolos industrial com um ciclo de cozedura idêntico ao utilizado para o vidro de referência, isto é, temperatura máxima de 980°C durante 30 minutos.

3.2 - CARACTERIZAÇÃO DAS FRITAS

Determinou-se o grau de brancura das peças vidradas após cozedura, tendo-se utilizado um colorímetro Minolta. Avaliou-se também a textura de cada um dos vidrados por inspecção visual. A partir destes resultados escolheram-se 2 fritas opacas (referenciadas pelas iniciais FO) com maior grau de brancura e melhor textura e 4 fritas transparentes (referenciadas pelas iniciais FT) com melhor textura e mais brilhantes.

Estas 6 fritas seleccionadas foram utilizadas na formulação de misturas, cuja preparação se descreve a seguir.

3.3 - PREPARAÇÃO DAS MISTURAS DAS FRITAS

Prepararam-se misturas (referenciadas pela inicial M) utilizando proporções de fritas opacas e transparentes idênticas às utilizadas na formulação do vidro de referência (72% FO + 22% FT). Além disso, testou-se uma outra formulação com misturas em partes iguais de frita opaca (47%) e frita transparente (47%).

As misturas foram preparadas de modo idêntico ao do vidro de referência, isto é, a 300 g da mistura das fritas adicionaram-se 18 g de caulino (6%) como agente suspensor, 90 ml de água, 0.05% (peso/ peso material seco) de desfloculante (tripolifosfato de sódio) e 0.02% de carboxi metil celulose (CMC).

Depois de moagem, durante 16 minutos, em moinho rápido com bolas de alumina, peneiraram-se as suspensões em peneiro de 120 mesh. Avaliou-se ainda a percentagem de resíduo ao peneiro de 325 mesh.

Após preparação, as suspensões das misturas das fritas foram aplicadas sobre peças 15 cm x 15 cm chacotadas e engobadas, tendo-se procedido de

modo idêntico ao anteriormente descrito em 3.1 - para as fritas, tanto no que se refere à aplicação do vidrado como ao ciclo de cozedura.

3.4 - CARACTERIZAÇÃO DAS MISTURAS DAS FRITAS

Após cozedura das peças vidradas, avaliou-se o grau de brancura e a textura, o que permitiu seleccionar 3 melhores misturas que foram utilizadas no ensaio semi-industrial.

3.5 - ENSAIOS SEMI-INDUSTRIAIS

Para os ensaios semi-industriais moeram-se, utilizando um moinho de bolas, cerca de 100 kg de cada um dos vidrados, que foram peneirados utilizando um peneiro com abertura de 180 mesh e desferrizados. As suspensões resultantes sofreram, através da adição de água, ajustes na densidade e viscosidade adequados à aplicação por fieira numa pequena linha de vidragem (linha de ensaios).

Em seguida procedeu-se ao acerto da velocidade da linha de vidragem, de forma a ajustar a espessura da camada de vidrado aplicado em 10 peças de formato M 15x15 (147 cm x 147 cm). Como resultado, em cada peça foram aplicadas 23 g de vidrado e 6 g de engobe.

As peças foram identificadas com o respectivo número de ensaio, procedendo-se de seguida e em simultâneo, à enforna de 10 peças de cada um dos vidrados em 3 ciclos de cozedura diferentes: 30min a 980°C; 25min a 997°C; e 30min a 964°C.

Limitações impostas pelos queimadores do forno determinaram a temperatura máxima ensaiada de 997°C. Consideraram-se ciclos de 30 (equivalente ao tempo de cozedura para o vidrado de referência) e de 25 minutos, tempo mínimo de cozedura do vidrado.

Após cozedura, seleccionou-se a mistura que apresentou os melhores parâmetros L,a,b , coeficiente de dilatação e melhor superfície para os vários

ciclos temperatura/ tempo estudados. Esta mistura foi submetida de seguida á etapa do ensaio industrial.

Partindo dos resultados dos ensaios semi-industrias, calcularam-se os custos industriais das “novas formulações”, considerando variações em:

- Consumos de matérias-primas: bens que se laboram para obter o produto final, a “matéria que constitui a própria substância do produto acabado”;
- Mão-de-obra directa: custo com o pessoal que trabalha directamente na fabricação do produto. Assim, incluem-se apenas na mão-de-obra directa os custos com as pessoas cujas horas de trabalho são imputadas directamente à fabricação do produto, excluindo-se encargos com pessoal da área industrial que tem funções de supervisão ou de apoio;
- Gastos gerais de fabrico: todos os restantes custos da função industrial, como amortizações de equipamento fabril, combustível, rendas, seguros, ordenados e encargos sociais de pessoal de chefia, etc.

Contudo, existem parcelas de custos que, embora devam ser consideradas como custos directos do produto, por dificuldades de imputação são consideradas Gastos Gerais de Fabrico: é o caso do consumo de matérias subsidiárias.

Após determinados os novos custos industriais, averiguou-se em que medida a rendibilidade da unidade produtiva poderá ser influenciada.

3.6 - ENSAIO INDUSTRIAL

Moeram-se cerca de 2 toneladas da mistura, em moinho de bolas, peneirou-se a suspensão resultante em peneiro vibratório com rede de 180 mesh e desferrizou-se para retirar impurezas de ferro que poderiam contaminar o vidrado.

A realização do ensaio industrial consistiu em vidrar cerca de 2000m² de chacota nas linhas de vidragem, após o que se procedeu á análise qualitativa/quantitativa ao nível da qualidade do(s) vidrado(s) escolhido(s).

Testaram-se valores diferentes de densidades e viscosidades das suspensões de vidrados, de forma a permitir determinar quais as melhores condições de aplicação.

Foram utilizados 1000 kg de vidro para cada uma das produções dos seguintes formatos: M 15x15 (modular 14,7cm por 14,7cm) e M 20x20 (modular 19,7cm por 19,7cm).

Ambas as produções depois de vidradas e cozidas com o ciclo de cozedura de 980°C durante 30 minutos foram escolhidas numa máquina de escolha automática.

De seguida procedeu-se à embalagem e armazenamento do material, tendo sido retiradas no momento da embalagem caixas com peças de 1ª escolha para se proceder a testes de fendilhamento e porosidade do produto acabado.

3.7 - CARACTERIZAÇÃO DO VIDRADO SELECIONADO

3.7.1 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA

As análises químicas quantitativas foram efectuadas por Fluorescência de Raios X no laboratório do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro. Nesta técnica, provoca-se a excitação dos elementos existentes numa amostra, quando nela incide um feixe policromático de raios X. As radiações emitidas pelos elementos são dispersas por cristais monocromadores e captadas por detectores. Comparando a intensidade da risca característica de cada elemento com a da risca desse elemento numa amostra padrão, é determinada a concentração do elemento. [47]

3.7.2 - RESÍDUO AO PENEIRO

Consiste em lavar com água abundante 100gramas de amostra em suspensão aquosa num peneiro de 325 mesh, secando-o de imediato na estufa. A percentagem de resíduo ao peneiro é dada pela expressão:

$$\% \text{ Resíduo} = (\text{resíduo em gramas} / \% \text{ sólidos}) \times 100$$

3.7.3 - CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DAS SUSPENSÕES

A densidade das suspensões foi determinada através do uso de um picnómetro.

A viscosidade das suspensões foi determinada a partir da medição do tempo de escoamento da suspensão, utilizando uma taça Ford nº 4. A taça Ford é constituída por um recipiente cilíndrico, terminado por um cone, rematado no vértice por um furo calibrado. O tempo de escoamento da suspensão pode ser expresso em segundos ou em graus Engler (quociente entre o tempo de escoamento da suspensão e o tempo de escoamento de igual volume de água, à mesma temperatura).

3.7.4 - COMPORTAMENTO DILATOMÉTRICO

O comportamento dilatométrico dos vidrados e da chacota (pó atomizado) foi avaliado no laboratório do Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro da Universidade de Aveiro, utilizando um dilatómetro BAHR Thermoanalyse GmbH 2000, tipo DIL 801L, na gama de temperaturas 100-800°C, com uma velocidade de aquecimento de 10°C/min.

3.7.5 - GRAU DE BRANCURA

O índice de brancura L determinou-se num colorímetro Minolta CR 300. Após calibração (utilizando uma amostra de referência 20033058, com os valores de calibração de $Y = 92.7$; $x = 0.3163$; $y = 0.3323$) efectuou-se a leitura das coordenadas colorimétricas (L, a, b) no equipamento.

3.7.6 - TESTE DE FENDILHAMENTO

Os testes de fendilhamento em autoclave, destinam-se a acelerar o efeito da expansão tardia do suporte, que em condições normais é demasiado lento para poder ser analisado em tempo útil.

O teste consiste, de acordo com a Norma EN ISO 10545-11, em efectuar 3 ciclos de aquecimento/arrefecimento brusco, em 10 peças vidradas e cozidas, até à temperatura de 159°C e à pressão de 5 bar durante 2 horas.

3.7.7 - ABSORÇÃO DE ÁGUA

A determinação da absorção de água permite avaliar a porosidade aberta e o grau de vitrificação do material. A absorção de água define-se como o incremento de peso, expresso em percentagem (%AA), da peça quando introduzida em água a ferver durante um período de duas horas, sendo de seguida arrefecida no mesmo banho até perfazer 24 horas. No cálculo da absorção de água foi utilizada a seguinte expressão:

$$\% AA = (P_h - P_s) \times 100 / P_s$$

Em que:

P_h – massa da peça húmida (g)

P_s - massa da peça seca (g)

CAPITULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - CARACTERIZAÇÃO DAS FRITAS

Na tabela 2 apresentam-se os valores obtidos para o grau de brancura e textura das fritas seleccionadas para o estudo. As respectivas características dilatométricas e composição química fornecidas pelo produtor encontram-se em anexo.

Tabela 2 – Textura e valor do grau de brancura das fritas seleccionadas

Referência da Frita	Textura	Análise Colorimétrica		
		L	a	b
FO 35	R	+92,02	-4,15	+4,72
FO 57	R	+94,14	-0,97	+5,05
FO 73	R	+92,04	-4,51	+5,15
FO 192	MB	+93,94	-4,91	+5,35
FO 256	B	+92,35	-4,42	+5,24
FT 37	MB	+85,05	-1,93	+10,88
FT 39	B	+85,89	-1,86	+11,11
FT 64	R	+85,75	-1,76	+10,67
FT 230	R	+84,26	-2,24	+11,67
FT 243	MB	+83,55	-2,18	+10,99

LEGENDA:

MB	Textura Muito Boa
B	Textura Boa
R	Textura Razoável
M	Textura Má

A análise dos resultados obtidos permite concluir que as fritas opacas com melhor grau de brancura e textura são as fritas FO192 (L = +93,94; textura muito boa) e FO 256 (L = +92,35; textura boa). As restantes fritas opacas, FO 35, FO 57 e FO 73, apesar de apresentarem grau de brancura elevado, L = +92,02; L = +94,14 e L = +92,04, respectivamente, não apresentam boa textura.

Relativamente às fritas cristalinas ou transparentes, os melhores resultados correspondem às fritas FT 243 (L = +83,55; textura muito boa) e FT 37 (L = +85,05; textura muito boa). As restantes fritas transparentes mostraram os seguintes resultados após cozedura: FT 39 (L = +85,89; textura boa) e FT 64 (+85,75; textura razoável). A frita FT 243, embora não tenha o melhor grau de brancura (L = +83,55) apresenta uma textura muito boa.

4.2 - CARACTERIZAÇÃO DAS MISTURAS DE FRITAS

Na tabela 3 apresentam-se as composições das diferentes misturas utilizadas, bem como o valor obtido para o resíduo ao peneiro de 325 mesh.

Tabela 3 – Misturas de fritas

M.Primas	Mistura de Fritas (%)															
	M 1	M2	M 3	M4	M5	M6	M7	M8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16
FO 192	72	47	72	47	72	47	72	47								
FO 256									72	47	72	47	72	47	72	47
FT 37			22	47							22	47				
FT 39					22	47							22	47		
FT 64							22	47							22	47
FT 243	22	47							22	47						
Caulino	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Água (ml)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
%Desfloculantes	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
% CMC	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
tempo moagem (min)	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
% resíduo P.325mesh	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4

Na tabela 4 apresentam-se os resultados dos ensaios colorimétricos e da análise superficial das várias misturas de fritas.

Tabela 4 - Resultados das análises colorimétrica e superficial das misturas de fritas

Tipo Mistura	Análise Colorimétrica			Textura
	L	a	b	
M1	92.41	-4.78	+5.82	Boa textura, ligeiramente picada.
M2	90.08	-4.27	+6.83	Superfície razoavelmente lisa, picado superficial miúdo.
M3	92.08	-4.51	+5.96	Superfície muito lisa, isenta de picado e com brilho.
M4	89.38	-3.57	+7.15	Má qualidade de superfície, muito picada, com pouco brilho.
M5	91.13	-4.15	+6.21	Razoável textura, com pouco brilho.
M6	89.26	-3.68	+7.38	Superfície razoavelmente lisa, isenta de picado mas com pouco brilho.
M7	91.49	-4.10	+6.02	Má qualidade de superfície, baça com muito pouco brilho e martelada.
M8	89.88	-3.61	+7.03	Má qualidade de superfície, baça com muito pouco brilho e martelada.
M9	90.58	-4.24	+5.89	Superfície de boa qualidade, com muito brilho, lisa e ligeiramente picada.
M10	88.78	-3.97	+7.02	Superfície razoavelmente lisa, com muito brilho e picada.
M11	90.57	-4.02	+5.97	Boa textura, com muito brilho.
M12	88.31	-3.51	+7.38	Superfície razoavelmente lisa, com muito brilho e picada.
M13	90.38	-4.06	+6.15	Superfície de boa qualidade, com brilho e ligeiramente martelada.
M14	88.06	-2.99	+7.93	Superfície de boa qualidade, com brilho e ligeiramente martelada.
M15	90.69	-4.07	+5.89	Superfície de boa qualidade, com brilho e ligeiramente martelada.
M16	89.00	-3.31	+7.25	Superfície de boa qualidade, com pouco brilho, ligeiramente martelada

Apresentando as misturas o mesmo valor de resíduo ao peneiro, podemos dizer que as melhores misturas serão aquelas que, pela análise visual, apresentam melhor superfície, quer em termos de isenção de picado, pintas e impurezas, quer em termos de superfície mais lisa, mais brilho e maior brancura (com valores de L superiores ao do vidro de referência, $L = 90,00$).

A mistura M1 apresentou um valor de L superior a 90.00 (92.41) e boa textura. No entanto, a superfície ligeiramente picada não permitiu a sua utilização na formulação do vidro.

A mistura M2, embora com um grau de brancura muito próximo dos 90.00, apresentou uma superfície que, apesar de ter uma textura razoável, revelou um picado superficial miúdo, o que levou também à eliminação desta mistura.

Quanto à mistura M3, esta apresentou uma boa textura com uma superfície muito lisa, isenta de picado e com brilho, bem como com elevado grau de brancura ($L = 92.08$).

As misturas M4, M7 e M8, apresentaram má textura: M4 muito picada com pouco brilho, M7 e M8 superfícies baças com muito pouco brilho e pouco lisas. Relativamente ao grau de brancura, apenas se obteve um valor de L superior a 90.00 com a mistura M7; M4 e M8 apresentaram L inferior a 90.00. Estes resultados levaram à eliminação destas misturas na formulação do novo vidro.

M5 e M6 apresentaram uma textura com pouco brilho, revelando M6 um menor grau de brancura ($L = 89.26$) do que M5 ($L = 91.13$).

Pelos resultados obtidos M9 e M11 foram duas das melhores misturas conduzindo a superfícies de boa qualidade, com brilho e lisas. No entanto, o brilho da mistura M11 foi superior ao da M9, apresentando esta última algum picado superficial. Relativamente ao grau de brancura obtiveram-se para ambas as misturas valores próximos dos 90.00.

Quanto às misturas M14 e M16, apesar de apresentarem um grau de brancura também inferior a 90.00, apresentaram algum brilho mas superfície pouco lisa.

Relativamente às misturas M13 e M15, ambas apresentaram um grau de brancura aceitável (com L próximo do 90.00) e uma superfície de boa qualidade com algum brilho mas muito pouco lisa.

Pela análise dos resultados obtidos, seleccionaram-se as misturas M3, M9 e M11 como sendo as que melhor se adequavam ao vidrado com as características pretendidas.

4.3- ENSAIOS SEMI-INDUSTRIAIS

As misturas seleccionadas (M3, M9 e M11) foram testadas em ensaios semi-industriais.

O controlo de parâmetros, tais como resíduo ao peneiro, densidade e viscosidade do vidrado moído, é imprescindível, pois deles depende, em grande parte, a qualidade da camada aplicada obtida. Na tabela 5 apresentam-se os valores destes parâmetros para as 3 misturas seleccionadas.

Tabela 5 – Valor de resíduo ao peneiro, densidade e viscosidade das misturas seleccionadas.

% resíduo dos vidrados e condições de aplicação	Vidrados		
	M3	M9	M11
% resíduo ao peneiro de 325mesh	~ 4	~ 4	~ 4
Densidade de aplicação (g/l)	1749	1748	1750
Viscosidade de aplicação Taça Ford (seg)	29	27	30

Da análise dos resultados pode afirmar-se que se obtiveram valores muito semelhantes para as três misturas, com densidades de aproximadamente 1750 gramas/ litro e viscosidades de cerca de 30 segundos. O resíduo obtido após moagem também se situou dentro dos valores recomendados (valor médio relativo ao vidrado referência), cerca dos 4%.

Na figura 5, apresenta-se a variação do comportamento dilatométrico dos vidrados M3, M9 e M11, do vidro de referência e da chacota no intervalo de temperatura de 100-700°C. Na tabela 6 apresentam-se os valores dos coeficientes de dilatação(α) obtidos no intervalo de temperaturas 200 – 400°C

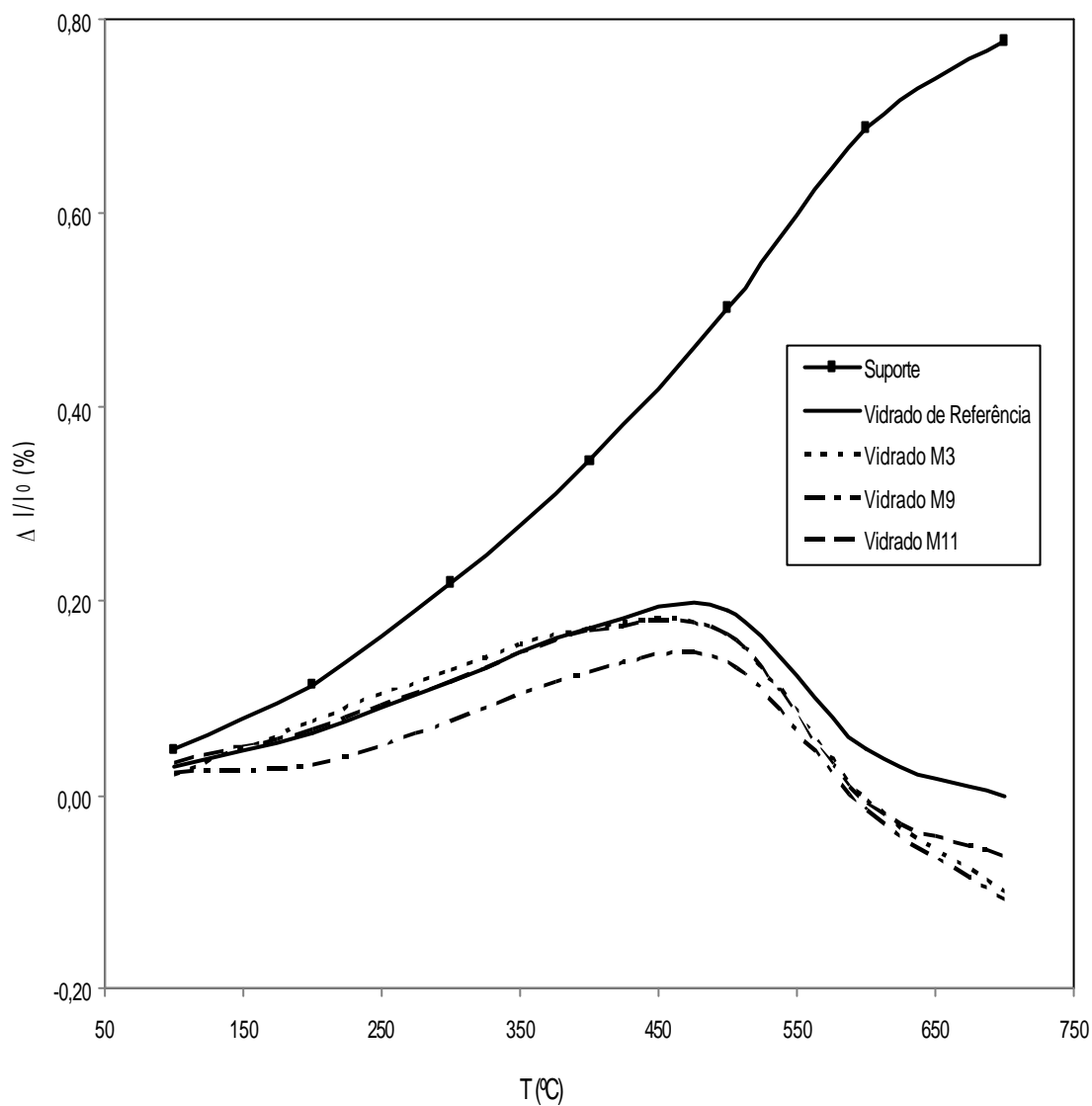


Figura 5 – Curvas dilatométricas da chacota, vidro de referência e vidrados M3, M9 e M11.

Tabela 6 – Coeficientes de dilatação no intervalo de temperaturas 200 – 400°C da chacota, vidro de referência e vidrados M3, M9 e M11.

$\Delta T (^{\circ}\text{C})$	[200; 400]
$\alpha_{\text{Chacota}} \times 10^{-6} (1/\text{K})$	11.60
$\alpha_{\text{Vidrado Referência}} \times 10^{-6} (1/\text{K})$	5.40
$\alpha_{\text{M3}} \times 10^{-6} (1/\text{K})$	4.83
$\alpha_{\text{M9}} \times 10^{-6} (1/\text{K})$	4.82
$\alpha_{\text{M11}} \times 10^{-6} (1/\text{K})$	5.06

Da análise da figura 5 observa-se que o início do amolecimento ocorre, para os quatro vidrados, aproximadamente a $T_a = 500^{\circ}\text{C}$. Adicionalmente, os resultados da tabela 6 indicam que os coeficientes de dilatação dos vidrados são bastante semelhantes entre si e inferiores ao da chacota. Como consequência, desenvolver-se-ão durante o arrefecimento tensões de tracção no suporte e de compressão nos vidrados, tal como pretendido. Comparativamente com o vidro de referência, as misturas seleccionadas apresentam coeficientes de dilatação inferiores o que originará tensões de compressão superiores nos vidrados formulados.

Como referido na parte experimental, após aplicação na linha de ensaios das 3 misturas procedeu-se à enfora de 10 peças de cada uma das misturas nos 3 ciclos de cozedura seleccionados. Na tabela 7 apresentam-se os resultados obtidos nesses ensaios para o grau de brancura da superfície das peças vidradas.

Tabela 7 – Valores do grau de brancura obtido nos ensaios semi-industriais com as misturas M3, M9 e M11 para diferentes ciclos de cozedura.

Misturas	Análise Colorimétrica			Ciclo de cozedura	
				Tempo	Temperatura
	L	a	b	(min)	(°C)
M 3	+90.82	-3.95	+6.30	25	997
M 9	+89.92	-3.61	+6.38	25	997
M 11	+90.56	-3.80	+5.92	25	997
M 3	92.61	-4.54	+6.18	30	980
M 9	89.70	-3.63	+6.97	30	980
M 11	90.25	-3.86	+6.34	30	980
M 3	+90.99	-3.97	+6.39	30	964
M 9	+89.89	-3.71	+6.34	30	964
M 11	+90.14	-3.80	+6.26	30	964

A partir dos resultados obtidos para as amostras dos três vidrados após cozedura a 980°C durante 30 minutos, verifica-se que a mistura M3 permite obter peças com um grau de brancura superior ao obtido com as outras duas misturas, M9 e M11.

A diminuição do tempo de cozedura, com o correspondente aumento de temperatura, provocou um incremento, embora ligeiro, do grau de brancura, com excepção da mistura M3, em que o valor de L diminuiu e o valor de a (- a corresponde ao azul) passou de (- 4.54) para (- 3.95). Estes resultados permitem afirmar que cozer a temperatura mais elevada e em menos tempo nem sempre permite desenvolver a cor ou o grau de brancura desejados sendo, por vezes, o factor tempo mais decisivo do que o factor temperatura.

Na tabela 8 apresentam-se os resultados obtidos para a composição química dos vidrados seleccionados e do vidro de referência.

Tabela 8 – Composição química do vidro de referência e das misturas seleccionadas

Composição Química					
Resultados Quantitativos		Vidro de referência	M3	M9	M11
Elementos Maiores (%)	SiO ₂	65.00	62.22	61.07	61.68
	Al ₂ O ₃	12.32	10.68	11.96	12.22
	CaO	9.55	13.51	11.73	10.08
Elementos menores (%)	ZnO	4.36	5.53	3.02	2.78
	ZrO ₂	4.37	5.16	3.86	5.04
	BaO	3.36	0.08	0.21	0.09
	PbO	0.43	1.86	0.03	0.03

Pode observar-se que os vidrados apresentam um elevado teor de SiO₂, Al₂O₃ e CaO, em que SiO₂ e Al₂O₃ são os principais constituintes da matriz vítrea. O Al₂O₃ actua como estabilizador, aumentando a resistência à abrasão e a viscosidade do material fundido e diminuindo o coeficiente de dilatação. O SiO₂ é o principal formador do vidro, proporcionando resistência química, elevada dureza e reduzido coeficiente de dilatação. O óxido de cálcio actua como fundente provocando a ruptura das ligações Si-O, diminuindo a temperatura necessária para a fusão completa e a viscosidade do fundido.

A presença de outros óxidos em quantidades mais reduzidas é também importante. Em particular, os teores em zircónia e chumbo são determinantes nas propriedades dos vidrados. No caso do zircónio, a maior quantidade presente nas misturas M3 e M11 (aproximadamente 5%) é responsável por um maior grau de brancura, para qualquer ciclo de cozedura. Além disso, a maior percentagem de CaO associada a teores inferiores de SiO₂ e Al₂O₃ na mistura M3 é responsável por uma viscosidade menor do fundido, o que facilita a

ascensão de bolhas e, conseqüentemente, redução de defeitos associados (picado). Adicionalmente a maior quantidade de PbO (~ 2%) nesta mistura confere maior brilho e melhor textura à superfície.

Da análise comparativa dos resultados dos ensaios M3, M9 e M11 conclui-se que o ensaio M3 evidencia um maior grau de brancura e melhor textura superficial. Isto justifica a selecção do vidro M3 para a realização do ensaio industrial.

Relativamente aos ciclos de cozedura testados pode-se concluir que aquele que permite obter uma superfície com maior grau de brancura, para a composição M3 é o ciclo utilizado para a cozedura do vidro de referência (980°C durante 30 min). Por esta razão seleccionou-se este ciclo térmico para os ensaios industriais.

4.4- ENSAIOS INDUSTRIAIS

Após moagem de 2 toneladas de vidro com a composição M3 e, com o intuito de otimizar as condições de aplicação do vidro à fieira, foram realizados ensaios com diferentes condições de aplicação (Tabela 9). Por conduzir à formação de uma cortina com melhor melhores características, foi seleccionada a condição nº2.

Tabela 9 – Condições de aplicação do vidro M3 testadas

Ensaio Nº.	Densidade (g/l)	Viscosidade (seg)	Secagem	Cortina	Aderência à chacota
1	1770	36	Rápida	Boa	Boa
2	1762	32	Média	Muito boa	Boa
3	1749	29	Média	Boa	Boa
4	1739	27*	Prolongada	Razoável	Boa

*- valor de viscosidade a partir da qual as partículas de vidro terão tendência a sedimentar.

Aplicou-se o vidrado M3 em peças chacotadas e, após cozedura, procedeu-se á escolha e embalagem. Na tabela 10 apresentam-se os valores obtidos após escolha automática.

Tabela 10 – Valores após Escolha no ensaio industrial.

% Escolha máquina automática	1ª Escolha (%)	2ª Escolha (%)	3ª Escolha (%)	Caco (%)
Formato M15x15 – Vidrado referência	90.76	3.46	2.46	3.32
Formato M15x15 – Ensaio (M3)	92.49	2.88	1.92	2.71
Formato M20x20 – Vidrado referência	92.85	3.23	1.11	2.81
Formato M20x20 – Ensaio (M3)	94.14	3.73	0.51	1.63

A análise comparativa dos resultados obtidos para o vidrado referência e para a nova composição permite verificar, para ambos os formatos ensaiados, um aumento da percentagem de peças de 1ª escolha e uma redução da percentagem de caco e de 3ª escolha.

Após escolha e embalagem foram realizados ensaios de fendilhamento em autoclave e de percentagem de absorção de água (Tabela 11) em peças de 1ª escolha aleatoriamente seleccionadas.

A absorção de água foi um dos parâmetros analisados no produto acabado, pois deverá obedecer às normas europeias, tendo que ter um valor médio inferior a 20%.

Tabela 11 – Valores da percentagem de absorção de água

Tipo Formato	% Absorção Água (valor médio)	
	Vidrado referência	Vidrado M3
M 15x15	19.24	18.91
M 20x20	19.68	19.12

Da análise dos resultados obtidos pode verificar-se que, tanto o vidro de referência como o vidro M3 apresentam valores de absorção de água inferiores a 20%, permitidos pela norma europeia (EN ISO 10545 - 3)

Relativamente aos ensaios de fendilhamento tardio o vidro M3 não apresentou vestígios de fendilhamento mesmo após 5 ciclos em autoclave, pelo que foi considerado apto para aplicação.

4.5 - RESULTADOS DO ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÓMICO-FINANCEIRA

O estudo de viabilidade económico-financeiro foi realizado apenas para os vidros com melhores características técnicas e que foram testados à escala semi-industrial (misturas M3, M9 e M11). Esta análise baseou-se nas variações do custo industrial e respectivas implicações na variação da rentabilidade operacional (quer por via da redução de custos, quer pelo aumento de vendas).

Por limitações no acesso à informação desagregada, não foi possível a completa aplicação do Modelo Dupont. Optou-se por calcular as variações no custo industrial, partindo dos custos - base dos vidros anteriores.

A introdução do novo vidro teve, essencialmente, implicações nos consumos de matéria.

A mão-de-obra directa não sofreu, em princípio, alterações, tendo em conta não ter havido contratações adicionais de mão-de-obra decorrentes da introdução do novo produto. De salientar que, relativamente aos restantes gastos gerais de fabrico, não houve mudanças que devam ser alvo de análise, uma vez que tudo se manteve constante

Na tabela 12 são apresentados os custos das composições seleccionadas calculados com base nos custos e consumos das matérias usadas.

Tabela 12 – Custo dos vidrados seleccionados

Matérias - Primas	Preço (€/Kg)	M3		M9		M11	
		%	€/100Kg	%	€/100Kg	%	€/100Kg
FO 192	0,726	72	51.84				
FO 256	0,657			72	46.80	72	46.80
FT 37	0,528	22	11.44			22	11.44
FT 243	0,599			22	12.98		
Custo total das fritas			63.28		59.78		58.24
Caulino	0,28	6	1.68	6	1.68	6	1.68
Desfloculantes	0,66	0.150	0.099	0.150	0.099	0.150	0.099
CMC	3,5	0.060	0.21	0.060	0.21	0.060	0.21
Custo total dos aditivos			1.989		1.989		1.989
Custo por 100 kg Vidrado (€)			65.269		61.769		60.229
Custo Vidrado (€/kg)		M3 = 0.65		M9 = 0.62		M11 = 0.60	

Pela análise dos resultados obtidos verifica-se que o vidro M3 foi o que apresentou maiores custos relativamente às matérias-primas utilizadas, sobretudo devido ao preço da frita opaca de 0,51 €/kg. Tendo em conta que os preços médios finais dos vidros M9 e M11 são semelhantes ao custo do vidro de referência (tabela 13) sugere-se que, em trabalhos futuros, se efectue o ensaio industrial para estas formulações, dado que não foi possível realizá-lo neste trabalho por falta de tempo.

Tabela 13 – Tabela comparativa dos custos dos vidros

Tipo de Vidro	Vidro Referência	M3	M9	M11
Custo Vidro (€/kg)	0.63	0.65	0.62	0.60
Variação custo de cada Mistura relativamente ao Vidro Referência		+3.00%	-1.58%	-4.70%

Os proveitos económicos resultantes do aumento da percentagem de peças de 1ª escolha (tabela 14), devido à substituição do vidro de referência pela composição M3, apresentam uma variação positiva de 0,10 a 0,11 €/m² de produto acabado

Tabela 14 - Informação relativa à percentagem de peças de 1ª escolha com o vidro M3.

Formato da Peça	% 1ª Escolha			Preços em vigor para vidro de referência (€/m ²)	Variação potencial de proveitos (€/m ²)
	Vidro de referência	Vidro M3	Variação (%)		
M15x15	90.76	92.49	1.73	6.25	0.11
M20x20	92.85	94.14	1.29	8.00	0.10

Em suma, foi possível, com a introdução do vidro M3, obter um resultado adicional aproximado de 0.08 a 0.09 euros por metro quadrado vendido. Se se considerar ainda que o custo com mão-de-obra directa não sofreu acréscimo decorrente desta alteração, pode-se dizer que a empresa beneficiou de economias de gama, visto que partilhou um custo com um novo produto².

Do exposto pode afirmar-se que, a colocação no mercado de um produto com características superiores à do produto já existente tornou possível uma melhoria da rentabilidade, sobretudo por via de um aumento de proveitos.

² **Economias de gama** – Actividade económica derivada da produção de múltiplos bens ou serviços. Situação de uma empresa em que existe a possibilidade de produzir múltiplos produtos com menos custos em conjunto do que separadamente.

CAPITULO 5 – CONCLUSÕES

Utilizando fritas comerciais foi possível formular uma composição de vidro (designada por M3) que apresentou uma melhoria das propriedades relativamente ao vidro de referência (que se traduziu num aumento da percentagem de peças de 1ª escolha e numa redução da percentagem de caco e de 3ª escolha) e redução de custos de produção. O ensaio industrial da nova formulação permitiu aprovar tecnicamente a sua utilização industrial e substituir o vidro de referência na unidade de produção com vantagens ao nível da qualidade final do produto e em termos financeiros para a empresa.

CAPITULO 6 - SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTURO

Face aos resultados obtidos com as fritas estudadas, sugere-se para trabalho futuro a realização de ensaios industriais com as composições M9 e M11, uma vez que estes vidrados apresentam características de brancura e textura ligeiramente inferiores à formulação seleccionada (M3), mas preço médio final inferior.

CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Reed, J. S., "Principles of Ceramic Processing", John Wiley and Sons, 2nd Ed., (1995)
- [2] Tozzi, R., "Glazes for Fast-Firing", Assiceram Italian Ceramic Society, Rimini, Italy (1986) pp. 5–15.
- [3] Renau, Rafaela Galindo. "Pastas y Vidrados en la Fabricacion de pavimentos y Revestimentos cerámicos", Castellon, Faenza editrice Ibérica S.L., (1994), p251
- [4] Tomás, A. F., "Tecnologia do Processamento Cerâmico", Universidade Aberta, (2000)
- [5] Barba, A. et al, "Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerâmicas", ITC-AICE, Castellón, (1997)
- [6] Rincón, J. M., "Nuevos Productos y Tecnologias de Esmaltes y pigmentos cerámicos - Su fabricación y utilización", Castellon, Faenza Editrice Ibérica, S.L., (1992), p14
- [7] Renau, R. G., "Pastas y vidriados en la fabricación de pavimentos e revestimentos cerâmicos", Faenza Editrice Ibérica, S.L., (1994)
- [8] Sacmi, "Tecnologia Ceramica Aplicada", Vol I, Faenza Editrice Ibérica, S.L., Castellon de la Plana, (2004)
- [9] Tozzi, N., "Smalti Ceramici, Considerazioni Teoriche e Pratiche", Faenza Editrice S.P.A., (1992)
- [10] Baptista, J. L. et al, "Introdução à ciência e tecnologia dos materiais cerâmicos", Universidade de Aveiro, (1992)

[11] Meinssen, K., "Ceramic glaze materials: the top ten list", Cer. Eng. Sci. Proc. 18 (1997) (2), pp. 308–319.

[12] Singer, F. et al, "Industrial Ceramics", Chapman and Hall, London (1978) p. 534.

[13] Sedmidubsky, J., "L Industrie Céramique", (1979), pp. 731, 595-597.

[14] Benlloch, E., "Crystalline glazes", Cer. Acta 8 (1996), pp. 5 – 35.

[15] López, P. E. et al, "Esmaltes y pigmentos cerâmicos" – Tomo I, Faenza Editrice Ibérica, S.L, (2001)

[16] Enrique, J. et al, "Evolution of ceramic tile glazes" In: V. Henkes, G. Onoda and B. Carty, Editors, Science of Whitewares, Amer. Cer. Soc., Westerville, OH (1996) pp. 357–370.

[17] Romero, M. et al, "Effect of iron oxide content on the crystallization of a diopside glass-ceramic glaze", J. Eur. Cer. Soc. 22 (2002), pp. 883–890.

[18] Blonski, R. P., "Higher-Chroma Zircon Colors for Glaze Applications", Cer. Eng. Sci. Proc. 15 (1994) (1), pp. 266–280.

[19] Torres, F.J. et al, "Micro structural evolution in fast-heated cordierite-based glass-ceramic glazes for ceramic tile", J. Amer. Cer. Soc. 87 (2004) (7), pp. 1227–1232

[20] Parmelee, C. et al., "Ceramic Glazes", (3rd ed.), CBLS, Marietta, OH (1973) pp. 9–10

[21] Schabbach, L. M. et al, "Seven-component lead-free frit formulation", Amer. Cer. Soc. Bull, 28(4), (2003), 47-50.

[22] Shabbach, L. et al, "Three-component lead borosilicate frit", Amer. Cer. Soc. Bull, 80 (7), (2001), pp 57 - 63

[23] Gazulla, M. F. et al, "Estúdio de alguns factores que afectan a solubilidad de fritas en suspensiones de esmaltes", Bol. Soc.Esp. Cer. Vid., 40 [2], (2001) 131-138

[24] Earl, D. A. et al, "Effects of glazes frit oxides on crystallization and zircon pigment dissolution in whiteware coatings", J. Am. Cer. Soc. 83 (2000) (9), pp. 2170–2176.

[25] Barson, T., "Frit: the engineered material", Cer. Eng. Sci. Proc. 18 (1997) (2), pp. 28–36.

[26] Romero, M. et al, "Crystallization of a zirconium-based glaze for ceramic tile coating", J. Eur. Cer. Soc. 23 (2003), pp. 1629–1635.

[27] Blonski, R.P., "The effect of zirconita dissolution on the color stability of glazes", Cer. Eng. Sci. Proc. 15 (1994) (1), pp. 249–265

[28] Bennett, H. et al, "XRF Analysis of Ceramics, Materials and Allied Materials", John Wiley & Sons, (1992)

[29] Schabbach, L. M. et al, "Influence of firing temperature on the color developed by a (Zr,V)SiO₄ pigmented opaque ceramic glaze", J. Eur. Cer. Soc, 27(1), (2007), 179-184.

[30] Babieri, L. et al, "Glass-ceramic as tile glazes", In: Manfredini, T., Pellacani, G.C. and Rincon, J. M., Editors, "Glass-ceramic materials fundamentals and applications series of monographs on materials science engineering and technology", Mucchi Editore, Modena, Italy (1997), pp. 201–211.

[31] El-Defrawi, S. A. et al, "Microchemistry and Microstructure of Some Opaque Glaze/Tile Interfaces in Relation to their Physical Properties", Cer. Int. 21, (1995), 69-75.

[32] Moreno, A. et al, "Microstructural study of opaque glazes obtained from frits of the system: $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-(P}_2\text{O}_5\text{)-CaO-K}_2\text{O-TiO}_2$ ", J. Eur. Cer. Soc, 27, (2007), 1791-1796

[33] Manfredini, T., "Ceramic tile glazes: design, trends and applications. In Euro Ceramics VII: Proceeding of the 7th Conference Exhibition of the European Ceramic Society", ed. Erian, Armanios. Trans Tech Publication, Hampshire, (2002), pp. 2031–2034.

[34] Schabbach, L. M. et al, " Color in ceramic glazes: Analysis of pigment and opacifier grain size distribution effect by spectrophotometer", J. Eur. Cer. Soc., 28 (2008) 1777-1781

[35] Rezvani, M. et al, "Effect of Cr_2O_3 , Fe_2O_3 and TiO_2 nucleants on the crystallization behavior of SiO_2 - Al_2O_3 – CaO - MgO (R_2O) glass-ceramics", Cer. Int. 31 (2005), pp. 75–80.

[36] Esposito, L. et al, "Hardness of glazed ceramic tiles: comparison between mohs hardness and vickers indentation method", Cer. Acta 5 (1993) (4–5), pp. 13–21.

[37] Zasso, F. et al, "A Influência da Granulometria de Corantes e Esmaltes no Desenvolvimento das Cores", Cerâmica Industrial, (1997)

[38] Navarro, J. M. F., "El vidrio, Constitución, fabricación y propiedades.", Ed. C.S.I.C., (1985), 382-396

[39] Taylor, J.R. e tal, "Ceramic Glaze Technology.", Ed. Pergamon Press, (1986), pp.75-96.

- [40] Bullin, L. et al, "Trans Brit.", Cer. Soc., (1953)
- [41] Neves, J. C., "Análise Financeira. Métodos e Técnicas", Texto Editora, (1994)
- [42] Roldão, V. S., "Gestão de Projectos. Uma Perspectiva Integrada", Ed. Monitor, (2000)
- [43] Barros, H., "Análise de Projectos de Investimento", Lisboa: Edições Silabo, (1998)
- [44] Borges, A., Rodrigues, A., Morgado, J., "Contabilidade e Finanças para a Gestão", 1ª Edição, Overgest, Lisboa, (2002)
- [45] Cadilhe, M., "Matemática Financeira Aplicada", 4ª Edição. Edições ASA, Porto, (1998)
- [46] Catálogo de Fritas FRITTA, 2005/2006 da Vitricer
- [47] Sousa, C. et al, "Minerais industriais, Matérias-primas Cerâmicas", Instituto Nacional de Investigação, Aveiro, (1990).

Anexos

Valores da % de Absorção de água								
Formato	Vidrado referência				Vidrado M3			
	Ensaio nº	Peso inicial (g)	Peso final (g)	% Absorção Água	Ensaio nº	Peso inicial (g)	Peso final (g)	% Absorção Água
M 15x15	1	215.51	258.33	19.87	1	219.89	261.44	18.90
	2	208.92	247.26	18.35	2	204.87	244.53	19.36
	3	214.41	256.05	19.42	3	217.87	258.67	18.73
	4	208.97	249.71	19.50	4	213.20	254.16	19.21
	5	210.49	250.69	19.10	5	209.70	249.33	18.90
	6	215.77	258.36	19.74	6	213.52	254.65	19.26
	7	217.69	260.08	19.47	7	215.39	254.00	17.93
	8	208.98	248.28	18.81	8	215.07	255.69	18.89
	9	209.40	250.47	19.61	9	214.05	254.29	18.80
	10	209.29	247.99	18.49	10	214.29	255.23	19.10
	Valor médio =19.24				Valor médio = 18.91			
M 20x20	1	448.49	536.26	19.57	1	461.86	547.41	18.52
	2	440.00	527.60	19.91	2	460.37	546.71	18.75
	3	460.13	550.37	19.61	3	452.56	542.44	19.86
	4	454.16	543.81	19.74	4	459.63	545.52	18.69
	5	447.38	534.57	19.49	5	453.14	543.55	19.95
	6	456.21	546.12	19.71	6	460.45	546.62	18.71
	7	459.59	550.95	19.88	7	453.53	543.06	19.74
	8	456.53	545.83	19.56	8	460.49	546.85	18.75
	Valor médio =19.68				Valor médio =19.12			

Composição Química					
Resultados Quantitativos		Vidrado anterior	M3	M9	M11
Maiores (%)	SiO ₂		62.22	61.07	61.68
	Al ₂ O ₃		10.68	11.96	12.22
	Fe ₂ O ₃		0.25	0.26	0.25
	MnO		-0.03	-0.03	-0.03
	MgO		2.32	2.18	2.66
	CaO		13.51	11.73	10.08
	Na ₂ O		3.18	3.57	3.86
	K ₂ O		6.62	7.27	7.49
	TiO ₂		0.05	0.06	0.06
	P ₂ O ₅		0.10	0.11	0.14
			98.93%	98.21%	98.44%
Menores (ppm)	Sc (Escândio)		8.1	7.5	8.9
	V (Vanádio)		-11.5	-10.8	-8.8
	Cr (Cromo)		36.3	20.2	73.4
	Co (Cobalto)		19.9	13.8	17.5
	Ni (Níquel)		11.1	8.1	13.9
	Cu (Cobre)		7.6	12.7	30.3
	Zn (Zinco)		55343.2	30226.9	27793.0
	Ga (Gálio)		-3.4	-4.9	-7.7
	As (Arsênio)		-358.3	8.3	13.6
	Rb (Rubídio)		195.0	216.3	240.2
	Sr (Estrôncio)		362.8	113.2	107.8
	Y (Ítrio)		39.2	19.1	27.5
	Zr (Zircônio)		51645.9	38641.5	50399.6
	Nb (Nióbio)		65.8	52.1	71.6
	Mo (Molibdênio)		154.09	119.4	156.4
	Sn (Estanho)		7.4	5.5	3.9
	Cs (Césio)		14.6	2.2	4.3
	Ba (Bário)		768.6	2059.0	964.0
	La (Lantânio)		29.1	30.0	27.3
	Ce (Cério)		245.9	187.4	240.4
	Nd (Neodímio)		93.3	82.1	103.4
	Sm (Samário)		14.8	11.5	14.2
	Hf (Háfnio)		2221.5	1415.2	1961.0
	Ta (Tântalo)		-43.9	-248.1	-221.9
	W (Tungstênio)		-276.0	-157.0	-134.3
	Pb (Chumbo)		18600.3	269.9	374.4
	Th (Tório)		11.1	2.2	9.7
	U (Urânio)		15.0	16.9	21.0

Ficha técnica: CMC-30

Identificação da Substância:

Nome comercial: CMC-30

Propriedades Físicas e Químicas do Produto:

Estado: granulado
Cor: amarelo
Odor: inodoro
pH solução aquosa, (1%): ca. 7
Humidade: máx. 8%
Densidade aparente, 20°C (g/dm ³): ca. 600
Solubilidade: solúvel em água
Teor de CMC em relação ao produto seco: 99%
Teor de Na ₂ O: ca. 12%
Grau de eterização: ca. 0,8

NOTA: Para quaisquer dúvidas surgidas sobre os valores ou utilização deste produto, deve ser consultada a nossa equipa técnica que com todo o prazer, explicará todos os pormenores.

Ficha técnica: TPF

Identificação da Substância:

Nome comercial: Tripolifosfato de sódio

Propriedades Físicas e Químicas do Produto:

Estado: pó/granulado
Cor: branco
Odor: inodoro
pH solução aquosa, 20°C (1%): 9,3
Temperatura de ebulição (°C): aproximadamente 1000
Temperatura de fusão (°C): 622
Pressão de vapor, 20°C (mmHg): não volátil
Densidade aparente, 20°C (Kg/m ³): 500-1200
Solubilidade na água, 2,5°C (% em peso): 13
Distribuição típica das partículas: min. 75% <<0,15 mm

NOTA: Para quaisquer dúvidas surgidas sobre os valores ou utilização deste produto, deve ser consultada a nossa equipa técnica que com todo o prazer, explicará todos os pormenores.

Ficha técnica Caulino D'Arvor 1C

Análise Química:

(%)Al ₂ O ₃	37.00 ± 0.5
(%)SiO ₂	48.0
(%)Fe ₂ O ₃	0.90 ± 0.10
(%)CaO	0.05
(%)K ₂ O	0.60 ± 0.30
(%)TiO ₂	0.10
(%)Na ₂ O	0.00
(%)MgO	0.20
(%)P.P.C.	12.50 ± 0.5

Análise Granulométrica:

(%)	45µm	= 300 ppm
(%)	< 20µm	99
(%)	< 10µm	93
(%)	< 5µm	75
(%)	< 2µm	52 ± 6
(%)	< 1 µm	46
D 50 (µm)	1.3	± 0.4

Propriedades reológicas:

Para uma barbotina de caulino de viscosidade 5 poises (Desfloculante : silicato de sódio)

Densidade 1680 ± 40 g/l

Propriedades Físicas:

Humidade = 15 %

Densidade relativa 2.6

Densidade aparente 1

Formas de fornecimento:

Sacos plásticos de 25 ou 50 Kg

TÉCNICA FO-35

DESCRIÇÃO DO PRODUTO

PRODUTO: Frita

TIPO: Branco de Zircónio

CAMPO DE APLICAÇÃO: Bicozedura Tradicional

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Coeficiente de dilatação cúbico 100 - 300°C:	58	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Coeficiente de dilatação cúbico 300 - 500°C (10 ⁻⁷ °C ⁻¹)	62	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Temperatura de amolecimento:	683	(°C)
Temperatura de semiesfera:	1210	(°C)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

SiO ₂	B ₂ O ₃	RO	R ₂ O	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO
u	o	o	o	o	o	-

LEGENDA:

o Inferior a 10%; s Entre 10% e 20%; m Entre 20% e 40%; u Superior a 40%

1.Os dados experimentais indicados nas fichas do produto correspondem a valores médios obtidos segundo o sistema de controlo de Qualidade e das condições específicas do processo de controlo de Vitricer, L.da. e Fritta, S.L.
Tolerâncias dos dados incluídos: Coeficientes de dilatação cúbica ± 9;

FICHA TÉCNICA FO-57

DESCRIÇÃO DO PRODUTO

PRODUTO: Frita

TIPO: Branco de Zircónio

CAMPO DE APLICAÇÃO: Bicozedura Rápida

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Coeficiente de dilatação cúbico 100 - 300°C:	189	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Coeficiente de dilatação cúbico 300 - 500°C (10 ⁻⁷ °C ⁻¹)	204	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Temperatura de amolecimento:	691	(°C)
Temperatura de semiesfera:	1120	(°C)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

SiO ₂	B ₂ O ₃	RO	R ₂ O	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO
u	o	o	o	o	s	

LEGENDA:

o Inferior a 10%; s Entre 10% e 20%; m Entre 20% e 40%; u Superior a 40%

1.Os dados experimentais indicados nas fichas do produto correspondem a valores médios obtidos segundo o sistema de controlo de Qualidade e das condições específicas do processo de controlo de Vitricer, L.da. e Fritta, S.L.
Tolerâncias dos dados incluídos: Coeficientes de dilatação cúbica ± 9;

FICHA TÉCNICA **FO-73**

DESCRIÇÃO DO PRODUTO

PRODUTO: **Frita**

TIPO: Branco de Zircónio

CAMPO DE APLICAÇÃO: Bicozedura Rápida

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Coeficiente de dilatação cúbico 100 - 300°C :	69	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Coeficiente de dilatação cúbico 300 - 500°C (10 ⁻⁷ °C ⁻¹)	73	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Temperatura de amolecimento:	727	(°C)
Temperatura de semiesfera:	1100	(°C)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

SiO ₂	B ₂ O ₃	RO	R ₂ O	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO
u	o	s	o	s	o	-

LEGENDA:

o Inferior a 10%; s Entre 10% e 20%; m Entre 20% e 40%; u Superior a 40%

1.Os dados experimentais indicados nas fichas do produto correspondem a valores médios obtidos segundo o sistema de controlo de Qualidade e das condições específicas do processo de controlo de Vitricer, L.da. e Fritta, S.L.
Tolerâncias dos dados incluídos: Coeficientes de dilatação cúbica ± 9;

FICHA TÉCNICA FO-192
DESCRIÇÃO DO PRODUTO
PRODUTO: Frita

TIPO: Branco de Zircónio

CAMPO DE APLICAÇÃO: Bicozedura Rápida

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Coeficiente de dilatação cúbico 100 - 300°C :	68	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Coeficiente de dilatação cúbico 300 - 500°C (10 ⁻⁷ °C ⁻¹)	72	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Temperatura de amolecimento:	709	(°C)
Temperatura de semiesfera:	1135	(°C)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

SiO ₂	B ₂ O ₃	RO	R ₂ O	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO
u	o	s	o	o	o	-

LEGENDA:

o Inferior a 10%; s Entre 10% e 20%; m Entre 20% e 40%; u Superior a 40%

1.Os dados experimentais indicados nas fichas do produto correspondem a valores médios obtidos segundo o sistema de controlo de Qualidade e das condições específicas do processo de controlo de Vitricer, L.da. e Fritta, S.L.
 Tolerâncias dos dados incluídos: Coeficientes de dilatação cúbica ± 9;

FICHA TÉCNICA FO-256
DESCRIÇÃO DO PRODUTO
PRODUTO: Frita
TIPO: Branco Zircónio

CAMPO DE APLICAÇÃO: Bicozedura Rápida

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Densidade ²	2.524	(g/cm ³)
Coeficiente de dilatação cúbico 100 - 300°C :	198	(10 ⁻⁷ /°C ⁻¹)
Coeficiente de dilatação cúbico 300 - 500°C (10 ⁻⁷ /°C ⁻¹)	210	(10 ⁻⁷ /°C ⁻¹)
Temperatura de amolecimento:	725	(°C)
Tensão superficial ²	352	(mN/m)
Índice de refração ²	1.54	
Módulo de elasticidade ²	743	(Kbar)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

SiO ₂	Al ₂ O ₃	RO	R ₂ O	ZrO ₂	B ₂ O ₃	PbO
u	o	s	o	o	o	-

LEGENDA:

o Inferior a 10%; s Entre 10% e 20%; m Entre 20% e 40%; u Superior a 40%

1.Os dados experimentais indicados nas fichas do produto correspondem a valores médios obtidos segundo o sistema de controlo de Qualidade e das condições específicas do processo de controlo de Vitricer, L.da. e Fritta, S.L.

Tolerâncias dos dados incluídos: Coeficientes de dilatação cúbica ± 9;

Temperatura de amolecimento ± 10;

2.Dados calculados teoricamente.

FICHA TÉCNICA FT-37
DESCRIÇÃO DO PRODUTO
PRODUTO: Frita

TIPO: Transparente

CAMPO DE APLICAÇÃO: Bicozedura Rápida

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Coeficiente de dilatação cúbico 100 - 300°C :	75	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Coeficiente de dilatação cúbico 300 - 500°C (10 ⁻⁷ °C ⁻¹)	80	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Temperatura de amolecimento:	718	(°C)
Temperatura de semiesfera:	1215	(°C)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

SiO ₂	B ₂ O ₃	RO	R ₂ O	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO
u	o	s	o	o	-	-

LEGENDA:

o Inferior a 10%; s Entre 10% e 20%; m Entre 20% e 40%; u Superior a 40%

1.Os dados experimentais indicados nas fichas do produto correspondem a valores médios obtidos segundo o sistema de controlo de Qualidade e das condições específicas do processo de controlo de Vitricer, L.da. e Fritta, S.L.

Tolerâncias dos dados incluídos: Coeficientes de dilatação cúbica ± 9;

Temperatura de amolecimento ± 10;

FICHA TÉCNICA FT-39
DESCRIÇÃO DO PRODUTO

PRODUTO: Frita

TIPO: Transparente

CAMPO DE APLICAÇÃO: Bicozedura Rápida

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Coeficiente de dilatação cúbico 100 - 300°C :	63	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Coeficiente de dilatação cúbico 300 - 500°C (10 ⁻⁷ °C ⁻¹)	67	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Temperatura de amolecimento:	716	(°C)
Temperatura de semiesfera:	1100	(°C)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

SiO ₂	B ₂ O ₃	RO	R ₂ O	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO
u	o	m	o	o	-	o

LEGENDA:

o Inferior a 10%; s Entre 10% e 20%; m Entre 20% e 40%; u Superior a 40%

1.Os dados experimentais indicados nas fichas do produto correspondem a valores médios obtidos segundo o sistema de controlo de Qualidade e das condições específicas do processo de controlo de Vitricer, L.da. e Fritta, S.L.

Tolerâncias dos dados incluídos: Coeficientes de dilatação cúbica ± 9;

Temperatura de amolecimento ± 10;

FICHA TÉCNICA FT-64
DESCRIÇÃO DO PRODUTO

PRODUTO: Frita

TIPO: Transparente

CAMPO DE APLICAÇÃO: Porosa

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Densidade ²	2.72	(g/cm ³)
Coeficiente de dilatação cúbico 100 - 300°C :	192	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Coeficiente de dilatação cúbico 300 - 500°C (10 ⁻⁷ °C ⁻¹)	204	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Temperatura de amolecimento:	801	(°C)
Tensão superficial ²	377	(mN/m)
Índice de refração ²	1.55	
Módulo de elasticidade ²	729	(Kbar)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

SiO ₂	B ₂ O ₃	RO	R ₂ O	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO
u	o	s	o	o	-	-

LEGENDA:

o Inferior a 10%; s Entre 10% e 20%; m Entre 20% e 40%; u Superior a 40%

1.Os dados experimentais indicados nas fichas do produto correspondem a valores médios obtidos segundo o sistema de controlo de Qualidade e das condições específicas do processo de controlo de Vitricer, L.da. e Fritta, S.L.
 Tolerâncias dos dados incluídos: Coeficientes de dilatação cúbica ± 9;

Temperatura de amolecimento ± 10;

2.Dados calculados teoricamente.

FICHA TÉCNICA FT-230

DESCRIÇÃO DO PRODUTO

PRODUTO: Frita

TIPO: Transparente

CAMPO DE APLICAÇÃO: Bicozedura Rápida

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Densidade ²	2.48	(g/cm ³)
Coeficiente de dilatação cúbico 100 - 300°C :	192	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Coeficiente de dilatação cúbico 300 - 500°C (10 ⁻⁷ °C ⁻¹)	195	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Temperatura de amolecimento:	763	(°C)
Tensão superficial ²	352	(mN/m)
Índice de refração ²	1.54	
Módulo de elasticidade ²	743	(Kbar)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

SiO ₂	Al ₂ O ₃	RO	R ₂ O	ZrO ₂	B ₂ O ₃	PbO	Outros
u	s	s	o	-	o	-	o

LEGENDA:

o Inferior a 10%; s Entre 10% e 20%; m Entre 20% e 40%; u Superior a 40%

1.Os dados experimentais indicados nas fichas do produto correspondem a valores médios obtidos segundo o sistema de controlo de Qualidade e das condições específicas do processo de controlo de Vitricer, L.da. e Fritta, S.L.

Tolerâncias dos dados incluídos: Coeficientes de dilatação cúbica ± 9;

Temperatura de amolecimento ± 10;

2.Dados calculados teoricamente.

FICHA TÉCNICA FT-243

DESCRIÇÃO DO PRODUTO

PRODUTO: Frita

TIPO: Transparente

CAMPO DE APLICAÇÃO: Bicozedura Rápida

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Coeficiente de dilatação cúbico 100 - 300°C :	69	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Coeficiente de dilatação cúbico 300 - 500°C (10 ⁻⁷ °C ⁻¹)	70	(10 ⁻⁷ °C ⁻¹)
Temperatura de amolecimento:	745	(°C)
Temperatura de semiesfera:	-	(°C)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

SiO ₂	B ₂ O ₃	RO	R ₂ O	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	PbO
u	o	s	o	o	-	o

LEGENDA:

o Inferior a 10%; s Entre 10% e 20%; m Entre 20% e 40%; u Superior a 40%

1.Os dados experimentais indicados nas fichas do produto correspondem a valores médios obtidos segundo o sistema de controlo de Qualidade e das condições específicas do processo de controlo de Vitricer, L.da. e Fritta, S.L. Tolerâncias dos dados incluídos:
Coeficientes de dilatação cúbica ± 9;

Temperatura de amolecimento ± 10;

